





# విజ్ఞానము

ఆధునిక,భౌతిక,జీవ,గృహ,వృక్ష

# జీవనధాత సూర్యుడు





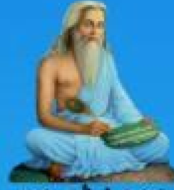
## సదాశివ సమారంభాం


గురు దక్షిణామూర్తి


గురు వేదవ్యాస మహర్షి


గురు శుక మహర్షి

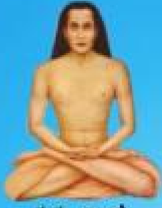

గురు నారద మహర్షి


గురు వాల్మీకి మహర్షి


గురు శ్రీకృష్ణ

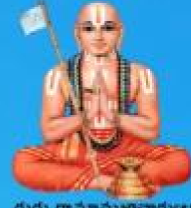
## శంకరాచార్య మధ్యమాం


గురు దత్తాత్రేయ


గురు బాబాజీ


గురు గౌతమ బుద్ధ


గురు ఆదిశంకరాచార్య

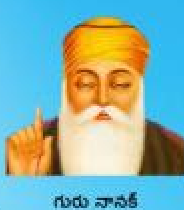

గురు రామానుజాచార్యులు


గురు జ్ఞానేశ్వర్


గురు రవిదాస్


గురు కబీర్ దాస్


గురు చైతన్య మహా ప్రభువు

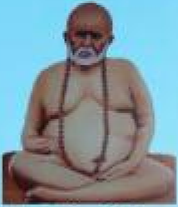

గురు నానక్


గురు రాఘవేంద్ర స్వామి


గురు వీరబ్రహ్మేంద్ర స్వామి


యోగి వేమన

## అస్మదాచార్య పర్యంతాం


గురు త్రైలింగ స్వామి


గురు లాహిరి మహాశయ



గురు రామకృష్ణ పరమహంస, అమ్మ శారదాదేవి


గురు వివేకానంద

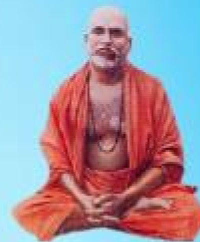

గురు సాయి బాబా


గురు అరవిందో


గురు రమణ మహర్షి


గురు యోగానంద


గురు భక్తివేదాంత ప్రభుపాద


గురు మళయాళస్వామి


గురు విద్యాప్రకాశానందగిరి


గురు చంద్రశేఖర పరమాచార్య

## వందే గురుపరంపరాం..




నన్ను "నేను" తెలుసుకోవటానికి

నన్ను "నేను" మార్చుకోవటానికి

"నేను" గా ఉండటానికి

మరియు అత్యుత్తమ జీవన విధానానికి

కావలసిన భక్తి,జ్ఞాన,కర్మ,ధర్మ సమాచారం ఒకేచోట తెలుగులో ఉచితంగా!

సాధారణంగా వేదాంతం తెలుసుకోవాలనే కోరిక వుంటుంది, కాని గ్రంధాలు అందుబాటులో లేవు. ఇంకొకరి దగ్గర గ్రంధాలు వుంటాయి, కాని జిజ్ఞాసువులకి ఎక్కడ ఉన్నవో తెలియదు. అలాగే కొన్ని లైబ్రరీ లో కొన్ని రకాల పుస్తకాలు మాత్రమే లభ్యం అవుతున్నాయి, అంతేగాక విలువైన గ్రంధాలు సరైన సంరక్షణ లేక కనుమరుగైపోతున్నాయి, కనుక మన అందరి కోసం భారత ప్రభుత్వం పురాతన ఆధ్యాత్మిక గ్రంధాలను సంరక్షించే నిమిత్తం ఎంతో శ్రమతో కంప్యూటరీకరణ ద్వారా ఒక చోట చేర్చుతూ ఆన్ లైన్ చేయటం జరిగింది. ఇటువంటి విలువైన జ్ఞాన సంపదను మరింత సులభంగా అందుబాటులోకి తీసుకురావటానికి సాయి రామ్ సేవక బృందం ఉడతా భక్తి గా ఇప్పటివరకి దాదాపు **5000** పుస్తకాలను వివిధ వర్గాలుగా విభజించి PDF(eBOOK) రూపంలో ఆన్ లైన్ లో ఉచితంగా అందించటం జరిగింది. కనుక ప్రతి ఒక్కరు ఈ సదవకాశాన్ని సద్వినియోగం చేసుకోగలరు. ఇందుకు సహాయం అందించిన భారత ప్రభుత్వపు వెబ్ సైట్( డిజిటల్ లైబ్రరీ అఫ్ ఇండియా http://www.new.dli.ernet.in), ఆర్కైవ్ వెబ్ సైట్(https://archive.org), గూగుల్ వెబ్ సైట్(https://www.google.co.in), మైక్రోసాఫ్ట్ వెబ్ సైట్(http://www.microsoft.com) కు మేము ఋణపడివున్నాము.అలాగే ఇటువంటి బృహత్తర కార్యక్రమానికి పెద్ద మొత్తం లో గ్రంధాలను అందించిన తిరుమల తిరుపతి దేవస్థానమునకు కూడా మనం ఋణపడివున్నాము. సాయి రామ్ సేవక బృందం కోరుకొనేది ఒక్కటే, ప్రతి ఇల్లు ఆధ్యాత్మిక జ్ఞాన గ్రంధాలతో నిండిపోవాలన్నదే మా కోరిక.

ఈ గ్రంధాలను ఉచితంగా ఆన్ లైన్ లో చదువుటకు, దిగుమతి(డౌన్లోడ్) చేసుకొనుటకు గల మార్గాలు:

1) భారత ప్రభుత్వపు వెబ్ సైట్: http://www.new.dli.ernet.in లేక http://www.dli.ernet.in
2) సాయి రామ్ వెబ్ సైట్: http://www.sairealattitudemanagement.org
3) సాయి రామ్ గూగుల్ సైట్: https://sites.google.com/site/sairealattitudemanagement
4) ఆర్కైవ్ వెబ్ సైట్: https://archive.org/details/SaiRealAttitudeManagement

ఈ జ్ఞాన యజ్ఞం పై గల సలహాలు,సూచనలకు సేవక బృందాన్ని సంప్రదించుటకు: sairealattitudemgt@gmail.com

సాయి రామ్ భక్తి,జ్ఞాన సమాచారం: https://www.facebook.com/SaiRealAttitudeManagement

సాయి రామ్ భక్తి,జ్ఞాన సంబంద వీడియోలు: https://www.youtube.com/user/sairealattitudemgt

ఈ జ్ఞాన యజ్ఞంలో ప్రతి ఒక్కరు పాల్గొని, ఈ అవకాశాన్ని సద్వినియోగం చేసుకొని,మీరు సంతృప్తులైతే మరొక సాధకునికి, జిజ్ఞాసువులకు మార్గం చూపించగలరని ఆశిస్తున్నాము. మీరు చదువుకోవటంలో ఏమైనా ఇబ్బంది కలిగితే సేవక బృందంను సంప్రదించగలరు. ఒకవేళ మా సేవలో ఏమైన పొరపాటు వస్తే మన్నించగలరు.

ఈ గ్రంధపు భారత ప్రభుత్వ డిజిటల్ లైబ్రరీ గుర్తింపు సంఖ్య: 2020050016299

గమనిక: భక్తి,జ్ఞాన ప్రచారార్ధం **ఉచితంగా eBook** రూపంలో భారత ప్రభుత్వపు సహాయంతో ఇవ్వడం జరిగింది. ఈ గ్రంధముపై వ్యాపార,ముద్రణ హక్కులు రచయిత,పబ్లిషర్స్ కి గలవు, కనుక వారిని సంప్రదించగలరని మనవి చేసుకొంటున్నాము.

**S**ai**R**eal**A**ttitude**M**anagement(SAI RAM) - సాయి నిజ వ్యక్తిత్వ నిర్వహణ(సాయి రామ్)

* సర్వం శ్రీ సాయినాధ పాద సమర్పణమస్తు *

భారత ప్రభుత్వపు వెబ్ సైట్ - డిజిటల్ లైబ్రరీ అఫ్ ఇండియా

http://www.new.dli.ernet.in

Digital Library of India: Inc
www.new.dli.ernet.in

Digital Library of India

Hosted by: Indian Institute of Science, Bangalore in co-operation with CMU, IIIT-H, NSF, ERNET and MCIT for the Govt. of India and 21 major participating centres.

Home | Vision | Mission | Goals | Benefits | Content Selection | Current Status | People | Funding | Copyright Policy | FAQ | RFP

Books Journals Newspapers Palm-Leaves (Manuscripts)

Title: Ramayanam
Author:
Year: to
Subject: Any Subject
Language: Telugu
Scanning Centre: Any Centre
Clear | Search

Presentations and Report
Statistics Report
Status Report
Feedback | Suggestions | Problems | Missing links or Books

Click here for PDF collection
DLI MIRROR at IUCAA Data Center PUNE

DLI

For the first time in history, the Digital Library of India is digitizing all the significant works of Mankind.

Click Here to know More about DLI New!

| Books | Journals | Newspapers | Manuscripts |
|---|---|---|---|
| Rashtrapati Bhavan<br>CMU-Books<br>Sanskrit<br>TTD,Tirupathi<br>Kerala Sahitya Akademi | INSA | Times of India<br>Indian Express<br>The Hindu<br>Deccan Herald<br>Eenadu<br>Vaartha | Tamil Heritage Foundation<br>AnnaUniversity NEW! |

Title Beginning with.

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

Author's Last Name

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

Year

1850-1900 | 1901-1910 | 1911-1920 | 1921-1930 | 1931-1940 | 1941-1950 | 1951-

Subject

Astrophysics | Biology | Chemistry | Education | Law | Mathematics | Mythology | Religion | For more subjects...

Language

Sanskrit | English | Bengali | Hindi | Kannada | Marathi | Tamil | Telugu | Urdu

# అతి విశిష్టం ఈ దానం!

స్వామి వివేకానంద

"దానాలలోకెల్లా ఆధ్యాత్మిక విద్యాదానం చాలా శ్రేష్ఠమైంది! దాని తరువాతిది లౌకిక జ్ఞానదానం, ప్రాణదానం, అన్నదానం" అని వ్యాసమహర్షి చెప్పారు.

మన ఆధ్యాత్మిక జ్ఞానం భారతదేశ హద్దులలో నిలిచి పోకూడదు. లోకమంతటినీ ఆవరించాలి! ఇలా లోకవ్యాప్తమైన ధర్మప్రచారాన్ని మన పూర్వులు చేశారు. హైందవ వేదాంతం ఎన్నడూ ఈ దేశం దాటి పోలేదని చెప్పేవారూ, మతప్రచారార్థం తొలిసారిగా, పరదేశాలకు వెళ్ళిన సన్యాసిని నేనే అని చెప్పేవారూ, తమ జాతిచరిత్ర నెరుగని వారే! ఇలాంటి సంఘటనలు ఎన్నోసార్లు జరిగాయి. అవసరమైనప్పుడల్లా, భారతీయ ఆధ్యాత్మిక జ్ఞానప్రవాహం వెల్లువలా లోకాన్ని ముంచెత్తుతూ వచ్చింది.

రాజకీయ ప్రచారాన్ని రణగొణధ్వనులతో, యోధులతో సాగించవచ్చు. అగ్నిని కురిపించి, కత్తిని ఝళిపించి, లౌకిక జ్ఞానాన్నీ, సంఘనిర్మాణ విజ్ఞానాన్నీ విరివిగా ప్రచారం చేయవచ్చు. కానీ ఆధ్యాత్మిక జ్ఞానదానం కళ్ళకు కనిపించకుండా, చెవులకు వినిపించకుండా కురుస్తూ, రోజా పువ్వుల రాసుల్ని వికసింపజేసే మంచులాగా నిశ్శబ్దంగా జరగవలసి ఉంది. భారతదేశం నిరాడంబరంగా, లోకానికి మళ్ళీ మళ్ళీ చేస్తూ వచ్చిన దానమిదే!

మిత్రులారా! నేను అవలంబించే విధానాన్ని తెలియజేస్తాను వినండి. భారతదేశంలోనూ, ఇతర దేశాల్లోనూ మన పారమార్థిక ధర్మాలను బోధించడానికి తగినవారుగా మన యువకుల్ని తయారు చేయడానికై భారతదేశంలో కొన్ని సంస్థలను నెలకొల్పాలి! ఇప్పుడు మనకు కావలసింది బలిష్ఠులు, జవసంపన్నులు, ఋజువర్తనులు, ఆత్మ విశ్వాసపరులు అయిన యువకులు. అలాంటి వారు నూరుమంది దొరికినా, ప్రపంచం పూర్తిగా పరివర్తన చెందగలుగుతుంది!!

ఇచ్ఛాశక్తి తక్కిన శక్తులన్నిటి కన్నా బలవత్తరమైంది. అది సాక్షాత్తూ భగవంతుని దగ్గరి నుండి వచ్చేదే కాబట్టి దాని ముందు తక్కినదంతా లొంగిపోవలసిందే. నిర్మలం, బలిష్ఠం అయిన 'ఇచ్ఛ' (సంకల్పం) సర్వశక్తిమంతమైంది. దానిలో మీకు విశ్వాసం లేదా? ఉంటే మీ మతంలోని మహోన్నత ధర్మాలను ప్రపంచానికి బోధించడానికై కంకణం కట్టుకోండి. ప్రపంచం ఆ ధర్మాల కోసమై ఎదురుచూస్తోంది. అనేక శతాబ్దాలుగా ప్రజలకు క్షుద్రసిద్ధాంతాలు నేర్పడం జరిగింది. వారు వ్యర్థులని ప్రపంచమంతటా బోధలు జరిగాయి. ఎన్నో శతాబ్దాల నుండి వారు ఈ బోధనల వల్ల భయభ్రాంతులై, పశుప్రాయులైపోతున్నారు. తాము ఆత్మస్వరూపులమనే మాటను వినడానికైనా వారెన్నడూ నోచుకోలేదు. "నీచాతినీచుడిలో కూడా ఆత్మ ఉంది. అది అమృతం, పరమ పవిత్రం, సర్వశక్తిమంతం, సర్వవ్యాపకమైనది" అని వారికి ఆత్మను గురించి చెప్పండి. వారికి ఆత్మవిశ్వాసాన్ని ప్రసాదించండి. ❖



మూలం: శ్రీ రామకృష్ణ ప్రభ - ఫిబ్రవరి 2014

# జీవనదాత సూర్యుడు

మూలం : ఎమ్. ఎ. తంగరాజ్,
M.A., Ph.D. (Toronto)

అనువాదం : కొడవటిగంటి కుటుంబరావు.

దక్షిణ భాషా పుస్తక సంస్థ
మద్రాసు-34.

# ప్రకరణ క్రమం

# 1. నిలువ ఉన్న సూర్యశక్తి

భాస్కర్ తన తండ్రి వెంట వేసవి సెలవుల్లో మైసూరు వెళ్లాడు. వారా రాష్ట్రంలో చూసిన అనేక దృశ్యాలలో శివ సముద్రజలపాతం కూడా ఉన్నది. మే నెలలో కూర్గులో వానలు హెచ్చుగా కురియడంవల్ల కావేరీనది పూటుగా ప్రవహిస్తున్నది. 320 అడుగుల ఎత్తునుంచి సెకండుకు కొన్ని వేల టన్నుల నీరు ధారాపాతంగా పడుతూన్న ముచ్చటైన దృశ్యంచూసి భాస్కర్ అచ్చెరువందాడు.

"నాన్నా, అన్నేసి వేల టన్నుల నీరు ఆగకుండా పడు తున్నది గదా. అది ఎలా సాధ్యం?" తండ్రిని అడిగాడు.

"అవును, భాస్కర్! ఈ అద్భుతమైన వింతకు కారణం, అదుగో, ఆ ప్రకాశించే సూర్యుడి శక్తే!" అన్నాడు తండ్రి.

# 2

"సూర్య శక్తా? అదెలాగ, నాన్నా?"

"వాన ఎలాకురుస్తుందో తెలుసా?"

"ఓ, బాగా తెలుసు. సైన్సుపాఠంలో చదువుకున్నా. సూర్యుడి వేడికి సముద్రాలలోనూ, నదులలోనూ, సరస్సుల లోనూ ఉండే నీరు ఆవిరి అయి, మేఘాలరూపంలో పైకి పోతుంది. మేఘాలు చల్లబడ్డప్పుడు తిరిగి నీటిబిందువులుగా మారి వాన రూపంలో పడుతుంది. అంతేనా, నాన్నా?"

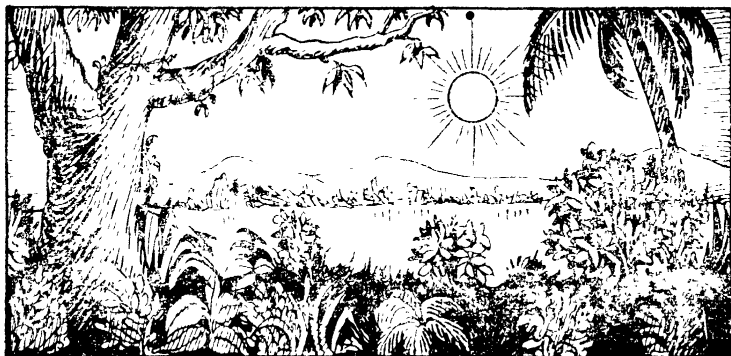
"ఔను, సరిగానే చెప్పావు. నీటి ఆవిరి మేఘాల రూపంలో పైకి వెళ్లకపోతే పర్వతశిఖరాలపై వర్షం కురి యదు; వాటినుంచి నదులు బయలుదేరి ఇలా అందమైన జలపాతా లేర్పడవు. అందుచేత ఈ అద్భుత జలపాతశక్తి సూర్యుడి శక్తే. ఈ శక్తిని వినియోగించి యంత్రాలు నడుపు తారు; విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పత్తిచేసి మనఇళ్లన్నిటికీ పంపిస్తారు. మరి ఆ విద్యుచ్ఛక్తినికూడా సూర్యశక్తి అనవచ్చు..."

అవును. జలపాతశక్తీ, విద్యుచ్ఛక్తీ — ఇవేకాదు, ఇంకా అనేకంగా మనకు లభ్యమయే శక్తులన్నీ, ప్రత్యక్షం గానో, పరోక్షంగానో సూర్యశక్తి ద్వారా సాధ్యమవు తున్నవే. ఉదాహరణకు: మనం కట్టెలు కాల్చి నీరు కాచు కుంటాం, వంటచేసుకుంటాం. రాక్షసి (నేల) బొగ్గు కాల్చి ఆవిరి శక్తి ఉత్పత్తిచేసి, రైళ్లూ, స్టీమర్లూ, పెద్దపెద్ద మరలూ, ఫాక్టరీలూ నడుపుతాం. మోటారుకార్లూ, ఓడలూ, విమా

నాలూ, తదితర వాహనాలూ నడవడానికి పెట్రోలియమూ, డీజెల్ నూనె ఉపయోగిస్తాం. కాని, పెట్రోలూ, బొగ్గు, కట్టెలూ మొదలైన ఇంధనాలను మనం దహించేటప్పుడు వాటిలో నిక్షిప్తమైఉన్న సూర్యశక్తినే బహిర్గతం చేస్తున్నామని మీకు తెలుసునా!

"అదెలాగ?" అని భాస్కర్ అడిగిఉండవచ్చు. మీరూ అడగవచ్చు. ఇదుగో దానికి సమాధానం:

మొక్కలకూ, చెట్లకూ ఉండే ఆకులలోని ఆకుపచ్చ రంగుమనకందరికీ తెలిసినదే. క్లోరోఫిల్ అనే రసాయనం ఉండ



పటము 1

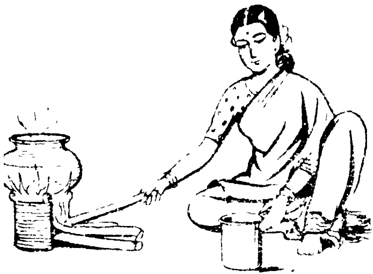
"జీవనదాత సూర్యుడు": చెట్లు సూర్యరశ్మి సహాయంతో ఆహారం ఉత్పత్తిచేసి, ప్రాణవాయువును బయటికి వదులుతాయి. సూర్యరశ్మి లేకపోతే మొక్కలూ, ప్రాణులూ సంభవించవు.

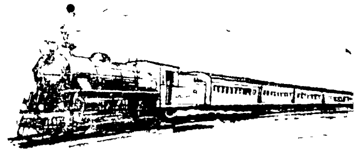
డంచేత ఈరంగు కలుగుతున్నది. ఏ ఇతర ప్రాణికీ లేని ఒక అపూర్వమూ, అద్భుతమూ అయిన గుణం ఈ క్లోరోఫిల్‌లో ఉన్నది. ఆకులపై సూర్యరశ్మి పడేటప్పుడు, ఈ క్లోరోఫిల్ ఆసూర్యరశ్మి సహాయంతో వాతావరణంలోంచి కార్బన్ డై ఆక్సయిడును గ్రహించి, దాన్ని కార్బనుగానూ, ఆక్సిజనుగానూ విడగొడుతుంది. ఆక్సిజను "శ్వాస" రూపంలో బయటికిపోతుంది. కాని కార్బను దిగబడుతుంది. చెట్టు వేళ్లనుంచి పీల్చుకునే నీటితో ఈ కార్బను సంయోగంపొంది కార్బోహైడ్రేట్ (పిండిపదార్థం) అనే ఆహారపదార్థం ఏర్పడుతుంది. ఈ ఆహారంతోనే చిన్న మొక్క క్రమంగా మహావృక్షంగా పెరుగుతుంది. ఆకులలో ఉండే ఆకుపచ్చరంగు పదార్థం సూర్యరశ్మి సహాయంతో చెట్టుకు అవసరమైన ఆహారపదార్థాన్ని ఉత్పత్తిచేసే ప్రక్రియను ఫోటోసింతెసిస్ (కిరణజన్యసంయోగక్రియ) అంటారు.

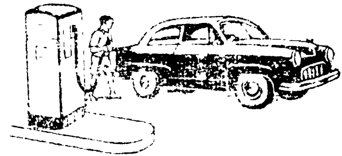
కనుక, ఈ ఫోటోసింతెసిస్ వల్ల రెండు ప్రయోజనాలు చేకూరుతున్నాయి: ఒకటి, మన మనుగడకు అత్యవసరమైన ఆక్సిజన్ (ప్రాణ వాయువు) విడుదల అవుతున్నది. రెండు, వాతావరణంనుంచి ఆహారపదార్థం ఉత్పత్తి అయి మొక్కలూ, చెట్లూ పెరగడానికి ఉపయోగపడుతున్నది. మనం చెట్లను కొట్టి దహించినప్పుడు, సూర్యరశ్మితో తయారైన కార్బను ఆక్సిజనుతో చేరి మండి, ఉష్ణశక్తిని లభ్యం చేస్తున్నది. కొయ్య మాత్రమే కాదు, కాల్చదగిన ఎండు

టాకులూ, కాగితమూ, వస్త్రమూ మొదలైన ప్రతివస్తువూ ప్రత్యక్షంగానో, పరోక్షంగానో ఫోటోసింతెసిస్ ద్వారా ఉత్పత్తి అయినదే.

అనేక కోట్ల సంవత్సరాల క్రితం. ఈభూమిపైన మనిషి గాని, జంతువుగాని అవతరించక పూర్వం, ప్రపంచమంతటా ఉండిన చిత్తడినేలల్లో బ్రహ్మాండమైన అరణ్యాలు దట్టంగా పెరిగి ఉండేవి. కాలక్రమాన ఈ అరణ్యాలు శిథిలమై రొచ్చులో కూరుకుపోయాయి. లక్షలకొద్దీ ఏళ్లుగడుస్తూం డగా వాటిపైన కొన్నివందల అడుగుల ఎత్తున మట్టీ, ధూళీ,







పటము 2

"నిక్షిప్తమై ఉన్న సూర్యరశ్మి" : వంటచెరుకూ, బొగ్గూ, పెట్రోలూ—అన్నీ సూర్యశక్తి నిక్షేపాలే. వాటిని దహించినప్పుడు వాటిలోని శక్తి విడుదల అవుతుంది.

చెత్తా పేరుతూవచ్చినవి. ఈవిధంగా తీవ్రమైన ఒత్తిడికీ, భూమిలోని వేడికీ గురి అయిన వృక్షజాలం, ఇన్నికోట్ల సంవత్సరాలమీద, భూ స్వభావాన్నీ, ఒత్తిడినీ బట్టి పెట్రో లియం నిక్షేపాలుగానూ, బొగ్గు నిక్షేపాలుగానూ మారిన సంగతి సర్వవిదితమే.

కనుక, మనం కిరోసిలూ, బొగ్గూ, కిరసనాయిలూ, పెట్రోలూ దహించేటప్పుడు, వాటిలో అనేక కోట్ల సంవత్స రాల క్రితం నిక్షిప్తమయిన సూర్యరశ్మిని విడుదలచేస్తున్నా మన్నమాట.

మీరెక్కడైనా ఎత్తయిన ఇనపస్తంభాలపైన గాలికి తిరిగే పెద్ద మరలను చూసిఉండవచ్చు. గాలితోపుడుకు ఈ మరలు తిరిగేటప్పుడు, వాటిని సంధించిఉండే పిస్టనులు పైకీ కిందికీ ఆడి, నీటిని పైకితోడుతాయి. యూరపు దేశాలలో, ముఖ్యంగా బెల్జియం, హాలండు దేశాలలో, చాలా గాలి మరలు వాయు శక్తితో నడుస్తాయి. ఇదికూడా సూర్యశక్తి ఫలితమే.

అసలు భూమిమీద గాలి ఎందుకు వీస్తుంది? ఎండకు వేడెక్కిన గాలి వ్యాకోచంపొంది పైకిలేస్తుంది. ఇందువల్ల వాయుపీడనం తగ్గేసరికి చల్లని ప్రాంతాలనుంచి గాలి ప్రసా రమైవచ్చి పీడనాన్ని సరిచేస్తుంది. మారుతా లిలాగే ఏర్పడతాయి. (వాయు పీడనం మరీ తగ్గిపోయినప్పుడు

తుపాను కలుగుతుంది.) ఈ మారుతశక్తివల్లనే గాలిమర నడుస్తుంది.

సముద్ర నౌకలలో సూర్యుడి వేడి సహాయంతో సముద్రజలాన్ని బట్టీ పట్టి మంచినీరు తయారుచేస్తారు. ఉష్ణ మండలంలో సూర్యుడి వేడితో వంట చేస్తున్నారు, యంత్రాలు నడుపుతున్నారు.

అది అలా ఉంచి, భూమిపైగల జీవకోటినంతటినీ సూర్యశక్తే కాపాడుతున్నదని జ్ఞాపకం ఉంచుకోవాలి. సూర్యుడి కాంతీ, వేడీ లేకపోతే భూమిమీద ఒక్క మొక్క కూడా పెరగదు. ప్రాణులు మొక్కలనో, మాంసాన్నో తిని జీవిస్తాయి. అందుచేత, మొక్కలు గనుక లేకపోతే భూమి మీదగల జంతువులన్నీ ఆహారంకోరకు ఒకదాన్నొకటి చంపుకు తిని అంతరించిపోతాయి.

సూర్యరశ్మిద్వారా ఫోటోసింతెసిస్ జరిగి, మనం జీవించడానికి అత్యవసరమైన ఆక్సిజన్ వెలువడుతున్నది.

కనుక మానవుడూ, జంతువులూ, వృక్షజాతులూ కూడా సూర్యశక్తి సహాయంవల్లనే భూమిపై మనగలుగుతున్నాయి. వాటికి ఆహారమూ, పీల్చడానికి ప్రాణ వాయువూ, జీవితానికి అవసరమైన వేడి, వెలుగూ సూర్యుడి నుంచే లభిస్తున్నాయి. సూర్యుడే లేకపోతే భూమి జీవరహిత ప్రపంచమవుతుంది. కనుకనే, భూమిమీద జీవించడానికి

సూర్యుడెంత అవసరమో గ్రహించిన ఆది మానవుడు ఆ సూర్యుణ్ణి దేవుడుగా భావించి ఆరాధించాడంటే అందులో ఆశ్చర్యం లేదు.

జీవనాధారమైన ఈ శక్తిని సూర్యుడు భూమికే ప్రసాదిస్తున్నాడా, లేక ఇతరలోకాలకుకూడా ఇస్తున్నాడా? సూర్యగోళం నుండి ఎంత శక్తి వెలువడుతున్నది? ఎంత కాలంగా ఈ శక్తి వెలువడుతున్నది? సూర్యుడిలో ఈ శక్తి ఎలా పుడుతున్నది? ఈ చిక్కు ప్రశ్నలను పై ప్రకరణంలో చర్చింతాం.

# 2. సూర్యుడు

సూర్యుడొక బ్రహ్మాండమైన అగ్నిగోళం. దాని వ్యాసం నిడివి సుమారు 8,66,000 మైళ్లు. అంటే, దాని ఘనపరిమాణం మన భూమికి 13 లక్షల రెట్లు. దాని ఉపరి భాగానగల ఉష్ణోగ్రత సుమారు 6,000 సెంటిగ్రేడు డిగ్రీ లుంటుందని కనిపెట్టారు. పొయ్యిలో కట్టెలు కాల్చితే సుమారు 1,000 సెం. డిగ్రీల వేడి ఉద్భవిస్తుంది. ప్రపంచంలో "కార్బన్ ఆర్క్" ద్వారా లభ్యమయే అత్యధిక ఉష్ణోగ్రత 4,000 సెం. డిగ్రీలు. అన్నిలోహాలకన్న హెచ్చు వేడికి తట్టుకోగల టంగ్‌స్టన్ లోహం 3,380 సెం. డిగ్రీలకు కరుగుతుంది. ఇంత వేడికి తట్టుకోగల టంగ్‌స్టన్ లోహాన్ని సూర్యుడి ఉపరిభాగానికి తీసుకుపోయినట్లయితే, అది కాస్తా కరిగి క్షణంలో ఆవిరి అయిపోతుంది. సూర్యుడి ఉపరి భాగానగల వేడి అలాంటిది. సూర్యుడిలోపల ఉండే ఉష్ణో

గ్రత సుమారు రెండుకోట్ల సెంటిగ్రేడు డిగ్రీలుంటుందని అంచనావేశారు. ఈ అపారమైన వేడిఫలితంగానే సూర్యుడి నుంచి అనుక్షణము శక్తి వెలువడి, అన్నివైపులకూ ప్రసరించు తున్నది.

ఉష్ణశక్తిని కొలవడానికి "కాలోరి" అనే దాన్ని ప్రమాణంగా వాడుతారు. ఒకగ్రాము బరువుగల నీటియొక్క ఉష్ణోగ్రతను ఒక సెంటిగ్రేడు డిగ్రీ పెంచడానికి అవసరమయే వేడి ఒక "కాలోరి". మన భూమి పైభాగాన ప్రతి చదరపు సెంటిమీటరుస్థలంమీదా నిమిషానికి సుమారు రెండు కాలోరీల వేడి పడుతున్నది. అంటే, 40 అడుగుల నిడివి, 30 అడుగుల వెడల్పుగల మనదొడ్డిలో ఒకరోజులోపడే సూర్య శక్తి, 40 రూపాయలకట్టెలు కాల్చితే లభించేశక్తికి సమానమన్నమాట. ఒక చదరపుమైలు ప్రదేశంమీద పడే సూర్య శక్తి 46,90,000 హార్సుపవరుకు సమానం. ఒక్కరోజులో భూమికి లభించే సూర్యశక్తి, భూమిలోగల బొగ్గూ, పెట్రోలియం వగైరా సమస్త ఇంధనాలనూ అనేక వేల ఏళ్లుదహించడంవల్ల ఉద్భవించేశక్తితో సమానం! ఇంత అపారమైన శక్తి ఎల్లప్పుడూ తరగకుండా లభ్యమవుతున్నప్పటికీ, దానిని పూర్తిగా వినియోగపరచే సాధనాలు ఇంకా ఏర్పాటుకాలేదు.

ఇంత శక్తి మన భూమికి చేరేది మాత్రమే. సూర్యగోళం ఇంతశక్తిని అన్నివైపులకూ ప్రసరిస్తున్నది. అలాంటప్పుడు సూర్యుడు ప్రసరించే మొత్తం శక్తి ప్రమాణం ఏపాటి

ఉంటుంది? ఇది గుణించడానికి మనం సూర్యుడు కేంద్రం గానూ, సూర్యుడికీ భూమికీ మధ్యగల 9 కోట్ల మైళ్లదూరం అర్ధవ్యాసం (radius) గానూ ఒకగోళాన్ని రచించాలి. సూర్యశక్తి ఏప్రమాణంలో భూమిని చేరుతున్నదో, అదే ప్రమాణంలో మనం రచించిన గోళంయొక్క ఉపరితల మంతటా * వుతుంది. ఇది మనసులో ఉంచుకుని గుణించి నట్లయితే, సూర్యుడు ప్రతి ఒక సెకండు కాలంలోనూ $9 \times 10^{25}$* కాలోరీలశక్తిని తనకిరణాలద్వారా ప్రసారం చేస్తున్నట్లు స్పష్టమవుతుంది! ప్రసిద్ధమైన ఐన్‌స్టయిన్ సిద్ధాంతం ప్రకారం, ఈ ప్రసారం ఫలితంగా సూర్యుడిలోని ద్రవ్యం సెకండుకు 40 లక్షల టన్నుల చొప్పున తరిగిపోతూ ఉండాలి! అంటే, సూర్యునిలోని ద్రవ్యంలో 40 లక్షల టన్నులు ప్రతిసెకండుకాలంలోనూ శక్తిగా మారి, ప్రసారమై

* భౌతిక, నక్షత్ర శాస్త్రాలలో పెద్దసంఖ్యలు అవసరమవుతాయి. వాటిని లిఖించడానికి 10 యొక్క ఘాతాలను వాడుతారు. ఉదాహరణకు $10^2$ అంటే 100. $9 \times 10^5$ అంటే 9,00,000. $9 \times 10^{25}$ అంటే 9 తరవాత 25 సున్నాలు! అంటే 90 వేల కోటికోటికోట్లు! పరమాణు పదార్థశాస్త్రంలో అతి సూక్ష్మమైన సంఖ్యలు అవసరమవుతాయి. వాటిని నిర్దేశించడానికి 10 యొక్క విలోమ ఘాతాలను వాడుతారు. $10^{-1}$ అంటే అంటే $\frac{1}{10}$ లేక దశాంశలో 0·1. $10^{-6}$ అంటే .000001. $1 \cdot 6 \times 10^{-24}$ అంటే దశాంశబిందువు తరువాత 23 సున్నాలు పెట్టి వాటిచివర 16, లేక .0000 (22 సున్నాలు) 16.

పోతున్నది! అయితే మనం కంగారుపడ నవసరం లేదు. ఇదే వేగంతో సూర్యుడిలోని ద్రవ్యం హరించుతూ పోయి నప్పటికీ, మరొక వెయ్యికోట్ల ఏళ్లదాకా ఈ ఉష్ణశక్తి ప్రసారం సాగుతూనే ఉంటుంది!

ఇంత అపారమైన శక్తి సూర్యగోళంలో ఎలా ఉత్పత్తి అవుతున్నది? పరమాణువుయొక్క రచనా, ఆటమ్ బాంబు తత్వమూ ముందు తెలుసుకుంటే ఈ సమస్య అవగాహన అవుతుంది. ఎందుకంటే సూర్యుడిలో శక్తి ఉత్పన్నమయే విధానం హైడ్రోజెన్ బాంబు పేలుడుకు కారణభూతమైన ప్రక్రియను పోలినదే. అనగా, సూర్యుడనే ఈ అగ్నిగోళం వాస్తవంలో నిలుకడగానూ, నింపాదిగానూ పేలుతున్న పెద్ద హైడ్రోజను బాంబు అన్నమాట.

## పరమాణువు

పరమాణు వనేది ఏమిటి? ఒక పదార్థాన్ని విభజిస్తూ (లేక పొడిచేస్తూ) పోతే చివరకు విభజించడానికి సాధ్యం గాని అతిసూక్ష్మ కణం వస్తుంది. ప్రాచీన గ్రీకులు దానిని "ఆటమ్" అన్నారు, (గ్రీకు భాషలో "అ" అన్నది సంస్కృతంలోలాగే వ్యతిరేకార్థకం, "టెమ్నో" అంటే ఛేదించడం. "ఆటమ్" అంటే "అభేద్యం") ఈ "ఆటమ్" లు, లేక పరమాణువులు విడిగానూ, అణువులలో సమష్టిగానూ ఉంటాయని రసాయనశాస్త్రం చెబుతున్నది. ప్రపం

చంలోని ప్రతివస్తువూ—పుస్తకము, బల్లా, కుర్చీ, రాయీ, చెట్టూ, జంతువూ, నీవూ, నేనూ, సమస్తము—పరమాణువు వుల, అణువుల కూటములమే.

రసాయనవేత్తలు అభేద్యమని చెప్పిన పరమాణువును భౌతికశాస్త్రవేత్తలు ఛేదించారు. ఎలెక్ట్రాన్ అనే కణాన్ని అన్నిపదార్థాలూ వెలువరించగలవనీ, దానివెంట ఋణవిద్యుత్తు ఉంటుందనీ 1897 లో సర్ జె.జె. థాంప్సన్ అనే బ్రిటిషు శాస్త్రవేత్త కనిపెట్టాడు. దీని అనంతరం లార్డ్ రూథర్‌ఫర్డ్ అనే మరొక బ్రిటిషు శాస్త్రవేత్త, పరమాణువు మధ్యలో ఒక కేంద్రకం ఉంటుందనీ, దానివెంట ధనవిద్యుత్తు ఉంటుందనీ, ఎలెక్ట్రాన్ ఆ కేంద్రకం చుట్టూ పరిభ్రమిస్తూ ఉంటుందనీ కనిపెట్టాడు. 1913 లో నీల్స్ బోర్ అనే డేనిషు శాస్త్రవేత్త, పరమాణువు నిర్మాణం సౌరకూటాన్ని పోలి ఉంటుందనీ, గ్రహాలు సూర్యుడి చుట్టూ తిరుగుతున్నట్టే, ఎలెక్ట్రానులు పరమాణు కేంద్రకం చుట్టూ తిరుగుతున్నాయనీ నిరూపించాడు. గురుత్వాకర్షణ ఫలితంగా గ్రహాలు సూర్యుడి చుట్టూ తిరుగుతున్నాయి, విద్యుదాకర్షణ ఫలితంగా ఎలెక్ట్రానులు పరమాణు కేంద్రకం చుట్టూ తిరుగుతున్నాయి.

అన్ని పరమాణువులలోకీ చిన్నది హైడ్రోజను పరమాణువు. దీని బరువు $1.67 \times 10^{-24}$ గ్రాము. అంటే ఒకగ్రాముకు సుమారు రెండువేల కోటి కోటి కోట్ల హైడ్రో

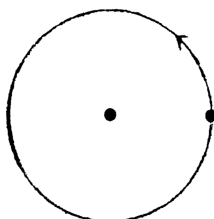
జను పరమాణువులు తూగుతాయన్నమాట. ఎలెక్ట్రాను బరువు హైడ్రోజను పరమాణువు బరువులో 1836 వ వంతు. మనకు తెలిసిన సూక్ష్మాతి సూక్ష్మకణం ఇదే.

హైడ్రోజను పరమాణు కేంద్రకాన్ని 'ప్రోటాను' అంటారు. దీనిచుట్టూ ఒకే ఒక ఎలెక్ట్రాను పరిభ్రమిస్తూ ఉంటుంది.

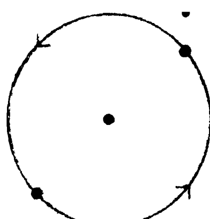
ఈ రెంటికీ మధ్య ఉండే ఎడం సెంటిమీటరులో సుమారు $10^{-8}$ వంతు. ప్రోటానులో ఉండే ధనవిద్యుత్తు ఆవేశం ఒక్క (యూనిట్) ప్రమాణం గలది. ఎలెక్ట్రానులో అంతే ఋణవిద్యుత్తు ఉండడంచేత రెండూ ఒకదాన్నొకటి తటస్థపరుచుకుంటాయి. కనుక పరమాణువు విద్యుచ్ఛక్తిని ప్రదర్శించదు. ప్రపంచంలో ఉండే పరమాణువులన్నీ విద్యుత్తు విషయంలో తటస్థమైనవే. వాటిలోపల ఉండే ధన, ఋణ విద్యుత్ప్రమాణాలు సమంగా ఉండడంచేత వాటివెంట విద్యుత్తు కనబడదు. ప్రమాణంలో హైడ్రోజను తరువాత వచ్చే హీలియం పరమాణువుయొక్క కేంద్రకంలో రెండు ప్రోటానులుంటాయి. కేంద్రకంచుట్టూ రెండు ఎలెక్ట్రానులు తిరుగుతూంటాయి. కనుక హీలియం పరమాణువు విద్యుత్తు విషయంలో తటస్థంగా ఉంటుంది. హీలియం తరువాత వచ్చే లిథియం పరమాణు కేంద్రకంలో మూడు ప్రోటానులుండి, వాటిచుట్టూ మూడు ఎలెక్ట్రానులు తిరుగుతూంటాయి. బెరిలియం పరమాణు కేంద్రకంలో నాలుగు ప్రోటానులూ,

వాటిచుట్టూ తిరుగుతూ నాలుగు ఎలెక్ట్రానులూ ఉంటాయి. ఈ విధంగా పరమాణువుల ప్రమాణం పెరుగుతూ పోతుంది.

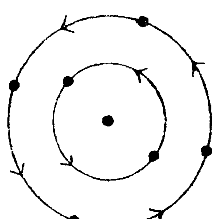
పరమాణు కేంద్రకంలోని విద్యుదావేశప్రమాణాల (electric charges) సంఖ్య పరమాణుసంఖ్యగా పరిగణించబడుతుంది. మూలపదార్థంయొక్క గుణాలు దాని పరమాణు సంఖ్యపై ఆధారపడతాయి. కార్బను పరమాణుసంఖ్య 6; నైట్రోజను పరమాణుసంఖ్య 7; ఆక్సిజను పరమాణుసంఖ్య 8; యురేనియం లోహంయొక్క పరమాణుసంఖ్య 92. మూలకాలన్నిటి పరమాణుసంఖ్యలూ (ఈ అధ్యాయంలోనే) నెం. 1 రు పట్టికలో ఇవ్వబడ్డాయి.



(అ)



(ఆ)



(ఇ)

పటము 3

పరమాణు రచన : (అ) హైడ్రోజను పరమాణువు, (ఆ) హీలియం పరమాణువు, (ఇ) కార్బను పరమాణువు.

పరమాణు కేంద్రకంలోపల విద్యుదావేశంగల ప్రోటానులతో బాటు న్యూట్రానులనే విద్యుదావేశరహిత కణాలు కూడా ఉన్నాయి. న్యూట్రాను బరువూ, ప్రోటాను బరువూ

ఇంచుమించు ఒకటే. కాగా దానివెంట విద్యుత్తు ఉండదు. హీలియం పరమాణుకేంద్రకంలో రెండు ప్రోటానులూ, రెండు న్యూట్రానులూ ఉంటాయి. అందుచేత దానిబరువు ప్రోటానుబరువుకు నాలుగింతలుంటుంది. ఈ బరువునే పరమాణు భారమంటారు. హీలియం పరమాణుభారం 4. దాని పరమాణు సంఖ్య 2 అని ముందే అనుకున్నాం. ఇదే విధంగా లిథియం పరమాణువులో 3 ప్రోటానులూ, 3 న్యూటానులూ ఉన్నాయి. అందుచేత దాని పరమాణుసంఖ్య 3; పరమాణు భారం 6. పరమాణుకేంద్రకం చుట్టూ ఎలెక్ట్రానులు తిరుగుతూంటాయనికూడా తెలుసుకుని ఉన్నాం. ఘనమూలకాలలో ఒకటి అయిన యురేనియం పరమాణుకేంద్రకంలో 92 ప్రోటానులూ, 146 న్యూట్రానులూ ఉన్నాయి. కనుక దాని పరమాణుసంఖ్య 92; పరమాణు భారం 238. దాని కేంద్రకంచుట్టూ 92 ఎలెక్ట్రానులు తిరుగుతూంటాయి. దానిలోని 92 ప్రమాణాల ధనవిద్యుత్తు ఎలెక్ట్రానులయొక్క-92 ప్రమాణాల ఋణవిద్యుత్తుచేత తటస్థపరచబడి, పరమాణువు విద్యుదావేశరహితంగా ఉంటుంది.

ఐసోటోప్‌లు

యురేనియం పరమాణుభారం 238 అనీ, దాని పరమాణు సంఖ్య 92 అనీ తెలుసుకున్నాం. అయితే కొన్ని యురేనియం పరమాణువులలో 143 న్యూట్రానులే ఉం

టాయి. అందుచేత వాటి పరమాణుభారం 235 అవుతుంది. వాటిబరువు తక్కువైనప్పటికీ వాటి పరమాణుసంఖ్యమాత్రం 92 గానే ఉంటుంది. కనుక అవి యురేనియం పరమాణువులే ననడానికి సందేహంలేదు. రెండు రకాల పరమాణువులూ ఒకే మూలకంయొక్క గుణాలు కలిగిఉండడంచేత వాటిని యురేనియం "ఐసోటోప్"లు అంటాం. వాటి సంకేతాలు యు-235, యు-238. గ్రీకు భాషలో "ఐసోటోప్" అంటే "ఒక్కే స్థానం (గుణాలు) కలవి" అని అర్థం.

## పరమాణువుల పరివర్తన

నీచ లోహాలను బంగారంగా మార్చడానికి రసవాదులు అనాదిగా యత్నిస్తూ వచ్చారు. వారు అపారమైన శీతోష్ణాలనూ, పీడనాన్నీ, "వాక్యూము"నూ, రాసాయనిక పరివర్తనలనూ, ఇంకా అనేక ప్రక్రియలనూ అవలంబించి చూశారు. కాని ఇవన్నీ విఫలమయాయి. ఎందుకంటే ఈ ప్రయోగాలన్నిటిలోనూ పరమాణుకేంద్రకం చుట్టూ పరిభ్రమించే ఎలెక్ట్రానులలో మాత్రమే మార్పు జరిగింది. పరమాణుకేంద్రకం చెక్కుచెదరలేదు. పరమాణుసంఖ్యలో మార్పుకలిగితేతప్ప పరమాణువు గుణాలు మారవని తెలియవచ్చింది. 1919 లో మొట్టమొదటగా లార్డ్ రూథర్‌ఫర్డ్ ఒక పరమాణువును విజయవంతంగా మరొక పరమాణువుకింద పరివర్తన చెందించాడు. నైట్రొజను పరమాణువులను

శక్తిమంతమైన "ఆల్ఫా" కణాలతో కొట్టగా ఆనైట్రోజను పరమాణువులు ఆక్సిజను పరమాణువుల కిందపరివర్తనం చెందాయి; వడి హెచ్చుగాగల ప్రోటానులు వెలువడ్డాయి. ఆదేవిధంగా ప్రపంచమంతటాగల ప్రయోగశాలలలో శాస్త్రవేత్తలు అనేకమూలకాలను వేరు మూలకాలుగా పరివర్తనపొందించారు. ఈపరమాణు పరివర్తనలో అమిత శక్తిమంతమైన ప్రోటానులు వెలువడ్డాయి. పరమాణుకేంద్రకాలను ఛేదించడానికి ప్రయోగించిన ఆల్ఫాకిణాల శక్తికన్న ఈ ప్రోటానుల శక్తి హెచ్చు.

ఈ అదనపు శక్తి ఎక్కడినించి వచ్చినట్టు?

సుప్రసిద్ధ శాస్త్రజ్ఞుడు ఆల్బర్ట్ ఐన్‌స్టయిన్ 1915 లో విఖ్యాతమైన సాపేక్షసిద్ధాంతం (theory of relativity) ప్రతిపాదించాడు. అందులో ఎన్నో కొత్తసూత్రాలూ, నిర్ణయాలూ ఉన్నాయి. వాటిలో ఒకటి ఏమిటంటే, పదార్థాన్ని ఎలాగైనా శక్తికింద మార్చగలిగితే అంతులేని శక్తి లభ్యమవుతుందని. ఆయన ఈవిషయాన్ని $E=mc^2$ అన్న సమీకరణంలో సూత్రీకరించాడు. ఇందులో E వెలువడే శక్తినీ, m పదార్థంయొక్క బరువునూ, c కాంతియొక్క వేగాన్నీ సూచిస్తాయి. కాంతియొక్క వేగం ఘనసంఖ్య (సెకండుకు $3 \times 10^{10}$ సెంటిమీటర్లు). కనుక కొద్ది పదార్థాన్నే నిశ్చయించినప్పటికీ చాలాహెచ్చుశక్తి లభిస్తుందని స్పష్టమవుతుంది. ఉదాహరణకు, ఒక్కగ్రాము బరువుగల

పదార్థాన్ని శక్తిగా మార్చినట్లయితే సుమారు ఇరవైలక్షల కోట్ల కాలోరీల శక్తి లభ్యమవుతుంది. మరొకవిధంగా చెప్పాలంటే 40 వేల టన్నులబొగ్గు కాలితే లభించే శక్తికి అది సమానం. అయితే పదార్థాన్ని శక్తికింద మార్చడ మెలాగో ఎవరికీ తెలియలేదు.

అందుచేత, పైన చెప్పిన పరమాణుపరివర్తన ప్రయోగాలలో ఆరంభంలో ఉండిన శక్తికన్న ప్రయోగాంతంలో హెచ్చు శక్తి లభ్యంకావడం గమనించిన శాస్త్రవేత్తలు, ఐన్‌స్టయిన్ చెప్పిన ప్రకారం పదార్థం శక్తిగా మారుతూ ఉండవచ్చుననుకున్నారు. 1932 లో కాక్రాఫ్ట్, వాల్టన్ అనే ఇద్దరు బ్రిటిషు శాస్త్రవేత్తలు లిథియం పరమాణువుపై ప్రోటానులను ప్రయోగించి ఛేదించి, అతిశక్తిమంతమైన "ఆల్ఫా" కణాలను ఉత్పత్తిచేశారు. ఈప్రయోగంలో ఉపయోగించిన ప్రోటాను, లిథియం పరమాణువులు రెంటి బరువుకన్నా ఆల్ఫాకణం బరువు కొంచెంతక్కువగా ఉండినది. లోపించిన బరువు ఏమైనట్లు? లోపించినబరువు కాంతివేగం చేత రెండుసార్లు గుణించగా వచ్చినమొత్తం ఆల్ఫాకణం వెంటఉన్న గతిశక్తికి సమంగాఉన్నది. కనుక పదార్థం శక్తికింద మారినట్లు రూఢిగా తేలిపోయింది. ఇదేవిధంగా, పరమాణుపరివర్తన జరిగిన ప్రయోగాలన్నిటిలోనూ కొద్ది పదార్థం నిర్మూలమై హెచ్చు శక్తికింద మారినసంగతి నిస్సంశయంగా నిరూపణ అయింది.

# పట్టిక 1

## పరమాణు సంఖ్యల పట్టిక

| పరమాణు సంఖ్య | మూలకం | సంకేతం | పరమాణు భారం | ఐసోటోపులు |
|---|---|---|---|---|
| 1 | హైడ్రోజను | H | 1·0081 | 1, 2 |
| 2 | హీలియం | He | 4·003 | 4, 3 |
| 3 | లితియం | Li | 6·94 | 7, 6 |
| 4 | బెరిలియం | Be | 9·02 | 9, 8 |
| 5 | బోరాన్ | B | 10·82 | 11, 10 |
| 6 | కార్బను | C | 12·01 | 12, 13 |
| 7 | నైట్రోజను | N | 14·008 | 14, 15 |
| 8 | ఆక్సిజను | O | 16·000 | 16, 18, 17 |
| 9 | ఫ్లోరీన్ | F | 19·000 | 19 |
| 10 | నియాన్ | Ne | 20·183 | 20, 22, 21 |
| 11 | సోడియం | Na | 22·997 | 23 |
| 12 | మెగ్నీషియం | Mg | 24·32 | 24, 25, 26 |
| 13 | అల్యూమినియం | Al | 26·97 | 27 |
| 14 | సిలికాన్ | Si | 28·06 | 28, 29, 30 |
| 15 | ఫాస్ఫరస్ | P | 30·98 | 31 |
| 16 | సల్ఫరు | S | 32·06 | 32, 34, 33, 36 |
| 17 | క్లోరీన్ | Cl | 35·457 | 35, 37 |
| 18 | ఆర్గాన్ | A | 39·944 | 30, 36, 38 |
| 19 | పొటాసియం | K | 39·096 | 39, 41, 40 |

| పరమాణు సంఖ్య | మూలకం | సంకేతం | పరమాణు భారం | ఐసోటోపులు |
|---|---|---|---|---|
| 20 | కాల్షియం | Ca | 40·08 | 40, 44, 42, 48 |
| ... | ... | | | |
| 26 | ఇనుము | Fe | 55·85 | 56, 54, 57, 58 |
| 27 | కోబాల్టు | Co | 58·94 | 59 |
| 28 | నికెల్ | Ni | 58·69 | 58, 60, 62, 61 |
| 29 | రాగి | Cu | 63·57 | 63, 65 |
| 30 | తుత్తునాగం | Zn | 65·38 | 64, 66, 68, 67 |
| ... | ... | | | |
| 34 | సెలీనియం | Se | 78·96 | 80, 78, 76, 82 |
| 35 | బ్రోమీన్ | Br | 79·916 | 79, 81 |
| 36 | క్రిప్టాన్ | Kr | 83·7 | 84, 86, 82, 83 |
| 37 | రుబీడియం | Rb | 85·48 | 85, 87 |
| 38 | స్ట్రాంషియం | Sr | 87·63 | 88, 86, 87, 84 |
| ... | ... | | | |
| 47 | వెండి | Ag | 107·88 | 107, 109 |
| 48 | కాడ్మియం | Cd | 112·41 | 114, 112, 111, 110 |
| 49 | ఇండియం | In | 114·76 | 115, 113 |
| 50 | తగరం | Sn | 118·70 | 120, 118, 116, 119 |
| 51 | ఆంటిమొనీ | Sb | 121·76 | 121, 123 |
| ... | ... | | | |
| 53 | అయోడీన్ | I | 126·92 | 127 |
| 54 | క్సినాన్ | Xe | 131·3 | 132, 129, 131, 134 |
| 55 | సీజియం | Cs | 132·91 | 133 |

| పర-మాణు సంఖ్య | మూలకం | సం-కేతం | పర-మాణు భారం | ఐసో-టోపులు |
|---|---|---|---|---|
| 56 | బేరియం | Ba | 137·36 | 138. 137, 136 |
| 57 | లంటానం | La | 138·92 | 139, 138 |
| 74 | టంగ్స్టన్ | W | 183·92 | 184, 186, 182 |
| 75 | రీనియం | Re | 186·31 | 187, 185 |
| 76 | ఆస్మియం | Os | 190·2 | 192, 190, 189 |
| 77 | ఇరిడియం | Ir | 193·1 | 193, 191 |
| 78 | ప్లాటినం | Pt | 195·23 | 195, 194, 196 |
| 79 | బంగారం | Au | 197·2 | 197 |
| 80 | పాదరసం | Hg | 200·61 | 202, 200, 199 |
| 81 | థెల్యూరియం | Tl | 204·39 | 205, 203 |
| 82 | సీసం | Pb | 207·21 | 208, 206, 207 |
| 83 | బిస్మత్ | Bi | 209·0 | 209, 210, 211 |
| 84* | పొలోనియం | Po | 210 | |
| 85* | అస్టోటిన్ | At | 211 | |
| 86* | రేడాన్ | Rn | 222·0 | 222 |
| 87* | ఫ్రాన్సియం | Fr | 223 | |
| 88* | రేడియం | Ra | 226·05 | 223, 224, 226 |
| 89* | ఆక్టినియం | Ac | 227·05 | 222 |
| 90* | తోరియం | Th | 232·12 | 237 |
| 91 | ప్రోటెక్టినియం | Pa | 231 | 231 |
| 92* | యురేనియం | U | 238·07 | 238, 235, 234 |
| 93* | నెప్ట్యూనియం | Np | | |

| పరమాణు సంఖ్య | మూలకం | సంకేతం | పరమాణు భారం | ఐసోటోప్‌లు |
|---|---|---|---|---|
| 94* | ప్లుటోనియం | Pu | | |
| 95* | అమెరీసియం | Am | | |
| 96* | క్యూరియం | Cm | | |
| 97* | బర్కీలియం | Bk | | |
| 98* | కాలిఫోర్నియం | Cf | | |
| 99* | ఐన్‌స్టీనియం | E | | |
| 100* | ఫెర్మియం | Fm | | |
| 101* | మెండెలీవియం | Mv | | |
| 102* | నొబీలియం | | | |
| 103* | లారెన్షియం | | | |

*రేడియో ధార్మికశక్తిగల మూలకాలు.

భారమైన మూలకాలలో చేరిన యురేనియం పరమాణుకేంద్రాన్ని న్యూట్రానులతో ఛేదించగా మరొకవిధమైన ఫలితం ఏర్పడింది. యురేనియం కేంద్రకం రెండుగా చీలి, పూర్వం ఎన్నడూ వెలువడనంత అత్యధిక శక్తిని వెలువరించింది. అంతేగాక ఈ "ఫిషన్" ఫలితంగా రెండు, మూడు కొత్త న్యూట్రానులు కూడా వెలువడ్డాయి. ఆ న్యూట్రానులు మరి రెండు యురేనియంపరమాణువులను ఛేదించడమూ, వాటి కేంద్రకాలు చీలి, అంతు లేని శక్తితోపాటు నాలుగు న్యూట్రానులు వెలువడడమూ జరుగుతుంది. వీటి సంఖ్య ఎనిమిదికీ, పదహారుకూ, ముప్పైరెండుకూ, అలా పెరుగుతుంటూపోతుంది. ఈ పరిణామం పూర్తి కావడానికి సెకండులో వెయ్యోవంతు కాలం చాలు. అందుచేత క్షణకాలంలో శక్తి యావత్తూ పేలుడురూపంలో విడుదల అవుతుంది. ఈ సూత్రంమీదనే ఆటంబాంబు ఆధారపడింది. బ్రహ్మాండమైన ఆటంబాంబు పేలుడు ఫలితంగా ఏర్పడే ఉష్ణోగ్రత 15 కోట్ల డిగ్రీలని అంచనా వేయబడింది,—అంటే, సూర్యుడి అంతర్భాగంలో ఉండే వేడికి పదింతలన్నమాట!

అలా అయిన పక్షంలో ప్రపంచంలోని యురేనియమంతా కొన్నివందల కోట్ల ఏళ్ళక్రితమే ఎందుకు పేలిపోలేదని అడగవచ్చు. అందుకు తగ్గ కారణం లేకపోలేదు.

అదృష్టవశాత్తూ యురేనియంలో యు-238, యు-235 అనే రెండు ఐసోటోపులున్నాయి. (ఈ ప్రకరణంలోని 17-వ పేజీ చూడండి). వీటిలో యు-235 మాత్రమే ''ఫిషన్''కు గురి అయి శక్తిని వెలువరిస్తుంది; యు-238 న్యూట్రానులను సంగ్రహించి వేరు మార్పు చెందుతుందిగాని, విచ్ఛిత్తి పొందదు. • ప్రకృతిలో లభించే యురేనియం మొత్తంలో యు-235 ఉన్నది 140 వ వంతుమాత్రమే. మిగిలిన 139 వంతులూ విచ్ఛిత్తి పొందని యు-238. కనుక, రెండు ఐసోటోపులనూ జాగ్రత్తగా వేరు పరచాలి, శుద్ధమైన యు-235 తగినంత పోగైనప్పుడే అది ఆటంబాంబుగా పేలుతుంది. యురేనియమును అవసరమైనంత మొత్తాలలో సేకరించడం చాలాకష్టం. దాన్ని సేకరించినప్పుడుకూడా, యు-238 నుంచి యు 235 ను పూర్తిగా వేరుచెయ్యడం దుర్ఘటమైనపని. అందుచేతనే, వాతావరణంలో కావలసినన్ని న్యూట్రాను లున్నప్పటికీ, అవి యురేనియంపరమాణువులను ఛేదించి, ప్రపంచంలో ఉండే యురేనియమంతా దానంతట అదే పేలిపోవడం జరగలేదు.

## హైడ్రోజను బాంబు

ఆటంబాంబు సృష్టి అయిన ఏడు సంవత్సరాలలోపల అంతకంటె విధ్వంసకమైన బాంబు—హైడ్రోజను బాంబు—

తయారయింది. హైడ్రోజను వాయువుకు 50 లక్షల సెంటి గ్రేడు డిగ్రీల వేడి కలిగించినట్లయితే, హైడ్రోజను పరమాణు కేంద్రకాలు ఒకదానితో ఒకటి సంయోగం పొంది హీలియంపరమాణు కేంద్రకాలుగా పరివర్తన చెందుతాయి. నాలుగు హైడ్రోజను పరమాణు కేంద్రకాలు కలిస్తే ఒక హీలియం పరమాణు కేంద్రకం ఏర్పడుతుంది. అయితే ఇలా ఏర్పడ్డ హీలియం కేంద్రకం బరువు నాలుగు హైడ్రోజను కేంద్రకాల బరువుకన్న కొంచెం తగ్గిఉంటుంది. దిగబడినబరువు శక్తి రూపంలో వెలువడుతుంది. అందుచేత, హైడ్రోజనును హెచ్చుప్రమాణంలో తీసుకుని అందులో ఒక చిన్న యురేనియం బాంబు పేల్చినట్లయితే, అందువల్ల ఉత్పత్తి అయ్యే 2, 3 కోట్ల డిగ్రీల వేడికి హైడ్రోజను కేంద్రకాలు సంయోగం పొంది, క్షణంలో బ్రహ్మాండమైన పేలుడు సంభవిస్తుంది. అది ఆటంబాంబు పేలుడుకన్న ఒక వెయ్యిరెట్లు ప్రబలంగా ఉంటుంది.

ఆటంబాంబూ, హైడ్రోజను బాంబూ పేలి అపారమైన శక్తి విడుదలకావడానికి సెకండులో ఒకభాగం కన్న పట్టదు గనుక, అవి విధ్వంసనానికి మాత్రమే ఉపయోగపడతాయి. పేలుడును అదుపులో ఉంచి, శక్తి కొంచెం కొంచెంగా విడుదల అయేటట్టు చేసినట్లయితే, ఆ శక్తి ఫాక్టరీలకూ, ఇళ్లల్లోకీ, నౌకలకూ ఉపయోగిస్తుంది. నీటిలో ఉండే ప్రధాన పదార్థం హైడ్రోజను. అందుచేత మనం

పరమాణుశక్తిని అదుపులో ఉంచి నిర్దిష్టక్రమంలో విడుదల చేసేమార్గం కనిపెట్టగలిగితే ప్రపంచంలో శక్తికి కొరత ఉండదు. పరమాణుశక్తి ఉత్పత్తి చెయ్యడానికి సముద్రజలమంతా లేదా? కాని పరమాణుశక్తిని అదుపుచేసే మార్గమే దొరకకుండా ఉన్నది.

•

## సూర్య శక్తి

సూర్యుడిలో శక్తి ఎలా పుడుతున్నదీ ఇప్పుడు మనం అర్థంచేసుకోగలం. సూర్యుడికిగల అంతులేని బరువులో సుమారు 35 శాతం హైడ్రోజనేనని అంచనాకట్టారు. సూర్యుడిలోపలగల 2 కోట్ల సెంటిగ్రేడు డిగ్రీలను మించిన వేడి హైడ్రోజను బాంబుకు చాలును గదా, హైడ్రోజను పరమాణువులు ఏనాడో బ్రహ్మాండంగా పేలిపోయి, సూర్యుడెందుకు నిర్మూలమైపోలేదు? దీనికి కూడా కారణం ఉన్నది.

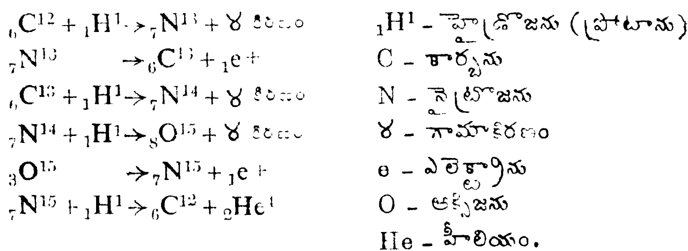
హైడ్రోజనులో మూడు ఐసోటోపు లున్నాయి, H-1, H-2, H-3. వీటిలోకెల్లా పుష్కలంగా ఉండేది H-1. మన ప్రపంచంలో ఉన్న హైడ్రోజనులో 99.98 శాతం H-1 ఐసోటోపే. మిగతా 0.02 శాతం మాత్రమే H-2 ఐసోటోప్. H-3 అస్థిరమైనది; కనుక ప్రకృతిలో లభించదు, అది కొన్ని పరమాణు ప్రతిక్రియలలో మాత్రమే ఉత్పత్తి అవుతుంది.

సూర్యగోళం కొత్తగా ఏర్పడినప్పుడది చల్లనిదే. అది సంకోచంపొంద నారంభించగానే దాని ఉష్ణస్థితి హెచ్చింది; ఈవిషయాలు అయిదవప్రకరణంలో వివరించబడ్డాయి. దాని ఉష్ణోగ్రత సుమారు మిలియను (పది లక్షల) సెంటిగ్రేడు డిగ్రీలకు పెరిగేసరికి H-1, H-2 ఐసోటోపులు సంయోగం పొంది శక్తిని విడుదలచేశాయి. H-2 అంతా వినియోగమై పోగానే సూర్యగోళం తిరిగి సంకోచం పొందసాగింది. ఉష్ణోగ్రత హెచ్చింది. అది మూడు మిలియనుల డిగ్రీలకుపై బడి నప్పుడు H-1 పరమాణువులు లిథియం, బెరిలియంల పరమాణువులతో సంయోగం పొంది, అపారమైనశక్తిని వెలువరించాయి. ఈ పరమాణువులుకూడా అయిపోయినాక సూర్యగోళం తిరిగి సంకోచంపొందసాగింది. ఉష్ణోగ్రత ఇంకా పెరిగింది. అది రెండుకోట్ల డిగ్రీల ప్రాంతానికి పెరిగినాక, హైడ్రోజను కేంద్రకానికి చెందిన ప్రోటాను కార్బను, నైట్రోజనుల కేంద్రకాలతో సంయోగంపొంది అంతులేని శక్తిని విడుదలచేసింది. ఇదంతా కేవలమూ ఊహాజనితంలాగా కనిపించినప్పటికీ, శాస్త్రవేత్తలు ప్రపంచమంతటాగల ప్రయోగశాలలలో ఈపరమాణు ప్రతిక్రియలన్నీ సాధించి, ఫలితాలు నిరూపించారు. ఈ ఫలితాలన్నిటినీ సమీకరించి, సూర్యగోళం అంతర్భాగంలో జరుగుతూఉండదగిన ప్రతి

క్రియాపరంపరలను అనేకంగా అంచనా కట్టారు. వానిలో అత్యంత సంభావ్యంగా భావించబడినవి దిగువ సూచించబడినవి *:

ఈ ప్రతిక్రియలను ఇంచుమించు ఏకకాలమందే, అంటే 1939 లో, హాన్స్ బెతే (Hans Bethe) అనే అమెరికను శాస్త్రవేత్తా, కార్ల్ వైత్సాకర్ (Carl Weizsac-ker) అనే జర్మను శాస్త్రవేత్తా ప్రతిపాదించారు. వారు సూచించిన కేంద్రక ప్రతిక్రియలను సంగ్రహంగా మాత్రమే ఇక్కడ చూతాం. దిగువ సూచించిన సమీకరణలు ప్రతిక్రియలను మరింత స్పష్టంగా వివరిస్తాయి.

* సూర్యుడిలో కలుగుతూ ఉండదగిన ప్రతిక్రియలు :



| | |
|---|---|
| ${}_6C^{12} + {}_1H^1 \rightarrow {}_7N^{13} + \gamma$ కిరణం | ${}_1H^1$ - హైడ్రోజను (ప్రోటాను) |
| ${}_7N^{13} \rightarrow {}_6C^{13} + {}_1e^+$ | C - కార్బను |
| ${}_6C^{13} + {}_1H^1 \rightarrow {}_7N^{14} + \gamma$ కిరణం | N - నైట్రోజను |
| ${}_7N^{14} + {}_1H^1 \rightarrow {}_8O^{15} + \gamma$ కిరణం | $\gamma$ - గామాకిరణం |
| ${}_8O^{15} \rightarrow {}_7N^{15} + {}_1e^+$ | e - ఎలెక్ట్రాను |
| ${}_7N^{15} + {}_1H^1 \rightarrow {}_6C^{12} + {}_2He^4$ | O - ఆక్సిజను |
| | He - హీలియం. |

ఎడమపక్క దిగువగా ఇచ్చిన సంఖ్య పరమాణుసంఖ్య ; కుడి పక్కన ఎగువగా ఇచ్చినది పరమాణుభారం. ఎలెక్ట్రానుకు పరమాణుసంఖ్య ఉంటుందిగాని, పరమాణుభారం ఉండదు. గామా కిరణానికి పరమాణుసంఖ్యగాని, పరమాణుభారంగాని ఉండదు, అయితే శక్తి ఉంటుంది.

ఔతే, వైత్సాకర్‌ల సిద్ధాంతంప్రకారం, సూర్యుడిలో ఉండే రెండుకోట్ల డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రతకు హైడ్రోజను పరమాణుకేంద్రకం (ప్రోటాను) కార్బను 12 పరమాణుకేంద్రకాన్ని బలంగాకొట్టి, దానిని నైట్రోజను 13 కేంద్రకంగా మార్చుతుంది. ఈప్రతిక్రియ జరిగేసమయంలో ఒక పాజిట్రాను, అనగా ధనవిద్యుదావేశంగల ఎలెక్ట్రాను ($e^+$) వెలువడి, నైట్రోజను పరమాణువు కార్బను-13 గా మారుతుంది. మరొక ప్రోటానుచేత కొట్టబడి ఈ కార్బను-13 నైట్రోజను-14 కేంద్రకంగా మారుతుంది.

ఇదేవిధంగా ప్రోటాను సంఘట్టనద్వారా ఆక్సిజను-15 ఉత్పత్తి అయి, నైట్రోజను-15 గా మారి, చిట్టచివర కా నైట్రోజను-15 చీలి రెండు ఖండాలవుతుంది. ఒక ఖండం హీలియం-4 కేంద్రకం, రెండవది కార్బను-12. ప్రతిక్రియలారంభమయేది ఈదశలోనే గనుక, కార్బను పరమాణువు ఆప్రతిక్రియలనన్నిటినీ పునఃప్రారంభిస్తుంది. ఈ ప్రతిక్రియల నికరఫలితమేమంటే, నాలుగుప్రోటానులు ఏకమై హీలియం పరమాణు కేంద్రకం ఏర్పడడం. హీలియం కేంద్రకం బరువు కన్న ప్రోటానులబరువు కొంచెం హెచ్చుగా ఉంటుంది. తరిగిపోయిన ద్రవ్యం బోలెడంతశక్తిగా వెలువడుతుంది.

పైన చెప్పిన ప్రతిక్రియలన్నీ పరిశోధనా ప్రయోగశాలలలో ఋజువయాయి. వీటిలో కొన్ని శీఘ్రంగానూ, మరికొన్ని మందంగానూ జరుగుతాయి. కార్బను - నైట్రో

జను పరమాణుపరివర్తనలద్వారా నాలుగుప్రోటానులు ఏకమై ఒక హీలియం పరమాణువు ఏర్పడి,• ప్రతిక్రియుల వలయం పూర్తి అయి, ఆదిలో ఉండిన కార్బను పరమాణువు మళ్లీ అవతరించడానికి 50 లక్షల సంవత్సరాలు పడుతుంది. అయితే సూర్యగోళంలో ప్రోటానులూ, కార్బను, నైట్రోజను పరమాణువులూ అసంఖ్యాకంగా ఉండడంచేత ఈప్రతిక్రియలు శీఘ్రగమనంతోనే సాగుతున్నాయి. వీటి వేగం మరింతగా హెచ్చేపక్షంలో విపరీతమైన శక్తి వెలువడి, ఈప్రపంచమూ, ఇతరగ్రహాలూ మాడిపోగలవు. ప్రతి ఒక సెకండు కాలంలోనూ సూర్యుడిలో 5640 లక్షల టన్నుల హైడ్రోజను 5600 లక్షల టన్నుల హీలియంగా పరివర్తన చెందుతున్నదని అంచనావేశారు. అంటే, సెకండుకు 40 లక్షల టన్నుల ద్రవ్యం నిర్మూలమై, $9 \times 10^{25}$ కాలోరీలకు సమమైన శక్తి ఉత్పత్తి అవుతున్నది.

సూర్యుడి ఉష్ణోగ్రత అంతగా ఎందుకు పెరిగిందో వివరించడానికి జర్మనుశాస్త్రవేత్త హెల్మ్‌హోల్ట్జ్ ఒక సిద్ధాంతం ప్రతిపాదించాడు. ఆసిద్ధాంతం యుక్తంగానేకనబడుతున్నది. ఆసిద్ధాంతంప్రకారం ఒకప్పుడు సూర్యుడుబ్రహ్మాండమైన వాయుగోళం. దానివ్యాసం ఇప్పుడున్నదానికి వెయ్యింతలకు మించి ఉండేది. గురుత్వాకర్షణ బలం కారణంగా సూర్యుడిలోని వివిధభాగాలు ఒకదానికొకటి చేరువ అయి, సూర్యగోళం సంకోచంపొందసాగింది. వాయువును దేనినైనా

సంపీడనానికి గురిచేసినప్పుడు దాని ఉష్ణస్థితి హెచ్చుతుంది. (ఉదాహరణకు, సైకిలుపంపులో గాలి సంపీడితం కావడం చేత వేడెక్కుతుంది.) సంకోచంపొందుతున్న సూర్యుడిలో కూడా అలాగే వేడి పెరిగింది.

తగినంత ఉష్ణోగ్రత ఏర్పడినమీదట సూర్యగోళం, తనచుట్టూ ఉష్ణరహితంగానూ, అంధకారంగానూ ఉన్న ఆకాశంలోకి కాంతినీ, వేడినీ ప్రసరింపజేసింది. ఇలా ప్రసారమైపోయిన శక్తిని పూడ్చుకోవడానికిగాను సూర్యగోళం తిరిగి సంకోచించనారంభించింది, దాని ఉష్ణోగ్రత హెచ్చింది. అది పదిలక్షల డిగ్రీలకు చేరుకోగానే కేంద్రకపరిణామాలు సాగి, ప్రసారమై (వికిరణమై) పోవడానికి చాలినంత శక్తి ఉత్పత్తి అయింది. అందుచేత సూర్యగోళం సంకోచం పొందడం నిలిచిపోయింది. మొదట H-2 ఐసోటోపూ, తరువాత లిథియం, బెరిలియం, బోరాన్ మొదలైన మూలకాలూ ప్రోటానులచేత ఛేదించబడి శక్తిని వెలువరించాయి. ఉష్ణోగ్రత రెండు కోట్ల డిగ్రీలకు వచ్చినమీదట, పైన చెప్పిన కార్బను-నైట్రొజను పరివర్తన వలయ ప్రతిక్రియలు ఆరంభమయాయి. వీటి ఫలితంగా హైడ్రొజను హీలియంగా పరివర్తనచెంది అంతులేని శక్తిని విడుదలచేసింది. సూర్యగోళంనుంచి వికిరణమైపోయే శక్తికి ఇదిసమంగా ఉండడంచేత సూర్యగోళం ఇక సంకోచంపొందలేదు. గత 400 కోట్ల ఏళ్లుగా సూర్యగోళం సంకోచంపొందకుండా ఇదే స్థితిలో

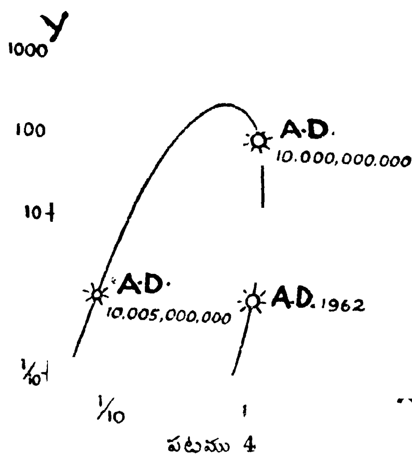
ఉండి, తనలో ఉత్పత్తి అయే శక్తిని కాంతిరూపంలోనూ, వేడిరూపంలోనూ ప్రసారంచేస్తున్నదని భావించబడు తున్నది.'

ముందేమిటి ?

సూర్యగోళంలో ఉన్న హైడ్రోజను క్రమంగా హరించి పోయినకొద్దీ సూర్యుడు వెలువరించే శక్తికూడా క్షీణించి, ఒక్కదశలో శక్తి చాలనికారణంచేత ప్రపంచం కరడు గట్టుకుపోతుందని అనిపించవచ్చు. అలాజరగకపోగా, ప్రఖ్యాతశాస్త్రవేత్త గామోవ్ అంచనా ప్రకారం, కరడు గట్టుకుపోవడానికి మారుగా సమస్తమూ బూడిద అయిపో తుంది. ఇది ఎలా జరిగేదీ తెలుసుకుందాం.

సూర్యగోళం అంతర్భాగంలో ఉత్పత్తిఅయే శక్తి హైడ్రోజనువాయువు పొరలను అతిక్రమించి పైకిరావాలి. అయితే హైడ్రోజను హీలియంగామారుతున్నది. శక్తి హీలి యం గుండా అంత తేలికగా రాలేదు. అందుచేత హీలియం ప్రమాణం హెచ్చినకొద్దీ సూర్యశక్తి సూర్యగోళంలోపల పేరుకుంటుంది. ఈవిధంగా సూర్యుడి ఉష్ణోగ్రత పెరుగు తుంది. ఇందువల్ల హైడ్రోజను మరింతవేగంగా నిర్మూలమై శక్తి కింద పరివర్తన చెందుతుంది. అప్పుడు సూర్యుడికాంతీ, వేడీ హెచ్చుతాయి. అదీగాక, హైడ్రోజను ప్రమాణం తగ్గుతూ పోయేటప్పుడు, సూర్యుడిప్రమాణం ఆరంభంలో

పెరిగి, తరువాత అతిశీఘ్రంగా తరగనారంభిస్తుంది. మరొక వెయ్యికోట్ల సంవత్సరాల కాలంలో, హైడ్రోజను దాదాపు వ్యయమైపోయి, సూర్యగోళ వికిరణం ఇప్పుడున్న దానికి నూరింతలవుతుంది.




పటము 4

Y-కాంతిశక్తి. X-వ్యాసార్థం.

“సూర్యుడిలో కలగబోవు మార్పులు” : మరొక వెయ్యి కోట్ల ఏళ్లదాకా సూర్యుడిపరిమాణంలో చెప్పదగిన మార్పుఉండదు. కాని దానికాంతీ, వేడీ నూరింతలు పెరుగుతాయి. అనంతరం సూర్యుడు శీఘ్రంగా సంకోచం పొంది, కాంతినీ, వేడినీ పోగొట్టుకుని, అంధకారమయ మవుతుంది.

దీనివివరణ పైనఉండే గ్రాఫ్‌లో కనిపిస్తుంది. అడ్డంగా ఉండే అక్షం సూర్యుడివ్యాసప్రమాణాన్ని, నిలువుగాఉండే

అక్షం సూర్యశక్తియొక్క ప్రమాణాన్ని సూచిస్తాయి. ఇప్పటి సూర్యగోళం వ్యాసమూ, వికిరణమూ ప్రమాణంగా (1 అనుకుని), రాగల మార్పులు గ్రాఫులో సూచించబడ్డాయి.

సూర్యుడివేడి ఇప్పుడున్న దానికి నూరింతలు మించినప్పుడు భూమియొక్క వేడి నీరుమరిగే వేడిని మించుతుంది. భూమిమీద గల సముద్రాలలోనూ, నదులలోనూ, సరస్సులలోనూ గల నీరంతా ఆవిరి అయిపోతుంది. అంతవేడిలో ఏప్రాణీ జీవించలేదు. అయితే ఈ భయంకరపరిస్థితి ఏర్పడడానికి మరొక వెయ్యికోట్ల సంవత్సరాలుపడుతుంది. అప్పటికి మానవులు భూగర్భంలో నివాసాలు ఏర్పరచుకుని క్షేమంగా ఉండేమార్గం తెలుసుకోవచ్చు. లేదా, మానవులందరూ సూర్యుడికి చాలాదూరాన ఉండే మరొకగ్రహానికి వెళ్లిపోయి, అక్కడ వేడి అంతగాఉండదు. గనక, అక్కడ స్థిరపడినా స్థిరపడవచ్చు. సూర్యశక్తి క్రమంగానూ, అతినింపాదిగానూ పెరుగుతుందని మనం జ్ఞాపకం ఉంచుకోవాలి. భూమియొక్క ఉష్ణోగ్రత ఒకడిగ్రీలో నూరోవంతు పెరగడానికి అనేకలక్షల సంవత్సరాలు పట్టుతుంది.

వేడి నింపాదిగా హెచ్చేటప్పుడు ప్రాణులు తమ శరీరాలను పరిస్థితికి అనుగుణంగా మార్చుకోవడానికి బోలెడంత వ్యవధి ఉంటుంది. కాని ఒక్కటి తథ్యం, మానవుడిలాటి పరిణతప్రాణులు నీరుమరగే వేడిలో జీవించలేవు.

కనుక వేడి హెచ్చినకొద్దీ ప్రాణులు నశిస్తాయి. మానవుడి లాంటి పెద్ద జీవాలు దూరంగాఉండే ఏ నెప్ట్యూను గ్రహానికో వలసపోవచ్చు. అందుచేత సూర్య శక్తికి భూమి మాడి పోయే సమయానికి అది చూడడానికి భూమిమీద ఏప్రాణీ ఉండదు.

ఆ తరువాత ?

వెయ్యికోట్ల సంవత్సరాలకు తనలోని హైడ్రోజ సంతా వ్యయంకాగా, పరమాణుశక్తి కొరతవల్ల సూర్యగోళం సంకోచంపొందటమారంభమవుతుంది. ఈసంకోచం 34 వ పేజీలోని 4-వ చిత్రంలో చూపబడింది. సూర్యకాంతి కొంత కాలంపాటు పెరిగినప్పటికీ, తరువాత తరిగి సూర్యగోళం కాంతిహీనమవుతుంది. కాలంగడిచినకొద్దీ సూర్యగోళం సంకోచించడమూ, కాంతిహీనంకావడమూ, మరింత వేగంగా సాగుతుంది. (వేగంగా అంటే లక్షల ఏళ్ళమీదన్నమాట.) చివరకు సూర్యగోళం వేడినికూడా కోల్పోయి కాంతిరహితంగా ఆకాశంలో సంచరిస్తుంది. దీనివిషయం అయిదవ ప్రకరణంలో వివరంగా తెలుసుకుందాం.

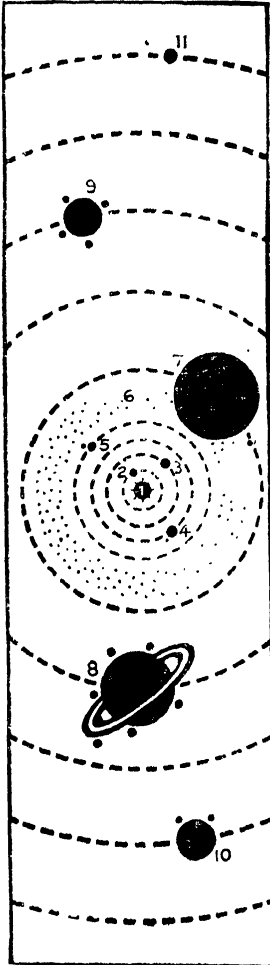
# 3. సూర్యుడూ, సూర్యసంతతి

సూర్యుణ్ణి ''మన'' సూర్యుడనడానికి మనకు పూర్తి హక్కున్నది. ఎందుకంటే, మన భూమీ, ఇలాంటివే మరి ఎనిమిదిలోకాలూ సూర్యుడి గురుత్వాకర్షణబలానికి గురి అయి, వేరువేరుదూరాలలో దానిచుట్టూ తిరుగుతున్నాయి. ఈలోకాలను గ్రహాలంటారు. గ్రీకు భాషలో ''ప్లానెట్'' (గ్రహం) అంటే ''సంచారి'' అని అర్థం. బుధుడూ, శుక్రుడూ, అంగారకుడూ (లేక కుజుడు), గురుడూ, శనీ— ఈ అయిదు గ్రహాలూ కాంతిమంతమైన నక్షత్రాలవలె కనిపిస్తాయి. అయితే, రోజురోజుకూ నక్షత్రాలమధ్య వాటి స్థానాలు మారుతూ ఉంటాయి గనుక వాటికి ''సంచార నక్షత్రాలు'' (గ్రహాలు) అనే పేరు వచ్చింది.

గ్రహాలు పటం 5 (పై పేజీ)లో చూపబడ్డాయి, అవి ఉండేదూరాలుగాని, వాటిప్రమాణాలుగాని ఒక ప్రమాణాన్ని

అనుసరించి రచించలేదు. ఎందుకంటే, మొదటిగ్రహమైన బుధుణ్ణి సూర్యుడికి అరంగుళం దూరంలో ఉంచితే, అదేప్రమాణం ప్రకారం చిట్టచివరిగ్రహమైన ప్లూటోను 4 అడుగులదూరానఉంచాలి. అలా చెయ్యడానికి ఈపుస్తకంలోని పేజీ చాలదు. అదేవిధంగా మనం భూమిప్రమాణాన్ని సూచించడానికి ఈ సున్నా (౦) ఉపయోగిస్తే, అదే ప్రమాణాన్ని అనుసరించి సూర్యుణ్ణి 4 అంగుళాల వ్యాసంగలవలయంగా చిత్రించాలి. ఇదికూడా సాధ్యం కాదు. దీనినిబట్టి మన సౌరకూటంలోని ప్రమాణాలూ, దూరాలూ ఎంతగొప్పవో తెలుస్తున్నదిగాదూ?

ఈ పక్క పేజీలోనున్న పట్టికలో సూర్యుణ్ణిగురించీ, గ్రహాలనుగురించీ




పటము 5 "సూర్యుడూ, సూర్యసంతతి" : 1. సూర్యుడు, 2. బుధుడు, 3. శుక్రుడు, 4. భూమి, 5. అంగారకుడు, 6. అల్పగ్రహాలు(ఆస్టరాయిడ్లు), 7. గురుడు, 8. శని, 9. యురేనస్, 10. నెప్ట్యూన్, 11. ప్లూటో.

పట్టిక 2. సౌరకూటం

| గ్రహం | సూర్యునుంచి దూరం (లక్షల మైళ్ళు) | సూర్యుని చుట్టి తిరిగే కాలం | బరువు (భూమి=1) | వ్యాసం (మైళ్ళలో) | సాంద్రత (నీరు=1) | పరిభ్రమణకాలం | సరాసరి ఉష్ణోగ్రత (సెం. డిగ్రీలు) | ఉపగ్రహాలు | సూర్యుని చుట్టి తిరిగే వేగం (సెకండుకు/మైళ్ళు) | ఉపరితలంపై ఆకర్షణ బలం (భూమి=1) | పలాయన వేగం (సెకండుకు/మైళ్ళు) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | † సం.మా.రో. | | | | § రో.గం.ని. | | | | | |
| సూర్యుడు | ... | ... | 3,33,434 | 8,64,000 | 1·41 | 25-9-7 | 6,000 | ... | ... | 28 0 | 392 |
| బుధుడు | 3,60 | 0-2-26 | 0.037 | 3,000 | 3 73 | 88-0-0 | 400 | 0 | 29·7 | 0·26 | 2·47 |
| శుక్రుడు | 6.72 | 0-7-13 | 0.826 | 7.600 | 5 21 | 30-0-0 | + 55 (—20) | 0 | 21 7 | 0·90 | 6·5 |
| భూమి | 9.30 | 1-0-0 | 1.00 | 7,927 | 5·52 | 0-23-56 | 14 | 1 | 18 5 | 1·00 | 7 0 |
| అంగారకుడు | 14,17 | 1-10-17 | 0·109 | 4,200 | 3·94 | 0-24-37 | 0 | 2 | 15 0 | 0 38 | 3 2 |
| గురుడు | 48,39 | 11-10-10 | 318·4 | 88,700 | 1·34 | 0- 9-50 | —140 | 11 | 8 1 | 2 64 | 38·0 |
| శని | 88,72 | 29-5-16 | 95·2 | 75,100 | 0·69 | 0-10-14 | —155 | 9 | 6 0 | 1·13 | 23·0 |
| యురేనస్ | 178,40 | 84-0-7 | 14·6 | 30,900 | 1·36 | 0-10-45 | —180 | 5 | 4·2 | 0·96 | 14·0 |
| నెప్ట్యూన్ | 279,70 | 164-9-11 | 17·3 | 33,000 | 1·32 | 0-15-48 | —200 | 2 | 3·4 | 1 00 | 15 0 |
| ప్లూటో | 367,00 | 248-5-1 | 0·1 | 3,600 | ... | .. | —210 | 0 | 2·9 | ... | ... |
| చంద్రుడు | ... | ... | 0·0123 | 2.162 | 3·31 | 27-7-43 | +120 (—150) | | ... | 0·16 | 1·5 |

† సం.–సంవత్సరాలు, మా.–మాసాలు, రో.–రోజులు § రో.–రోజులు, గం.–గంటలు, ని.–నిమిషాలు.

కొన్ని ముఖ్యవివరా లివ్వబడ్డాయి. ఈ వివరాలను బట్టి సౌరకుటుంబం యొక్క విస్తృతి ఊహించుకోవటం చాలాకష్టం. మాటవరసకు, భూమి గోలీగుండు ప్రమాణంలో ఉన్న దనుకుంటే సూర్యగోళం నాలుగడుగుల వ్యాసంగల గోళం ప్రమాణంలో ఉంటుంది. దానికి 400 అడుగుల దూరంలో భూమి తిరుగుతూ ఉంటుంది. ఇదే లెక్కన, చిట్టచివరి గ్రహమైన ప్లూటో మూడుమైళ్ల దూరాన ఉండి సూర్యుడిచుట్టూ తిరుగుతూ ఉంటుంది. ఇవన్నీ సౌరకుటుంబానికి చెందినగోళాలే.

## సూర్యుడు

సూర్యుడు భూమికి 929 లక్షల మైళ్లదూరాన ఉన్నాడు. ఇంతదూరాన్ని భావించడం తేలిక కాదు. గంటకు 200 మైళ్ల వేగంతో ప్రయాణించే విమానంలో రాత్రింబగళ్లు ఆగకుండా ప్రయాణిస్తే సూర్యుణ్ణి చేరడానికి 53 సంవత్సరాలు పడుతుంది. సెకండుకు 1,86,000 మైళ్ల వేగంగల కాంతిసైతం సూర్యుడినుంచి భూమిని చేరడానికి 8 నిమిషాల 20 సెకండ్లు పడుతుంది. కనుక మనం సూర్యుణ్ణి సరిగా ఉన్నచోట ఎన్నడూ చూడలేం ; ఎనిమిదిన్నర నిమిషాలకింద ఉన్నచోట మాత్రమే చూస్తాం !

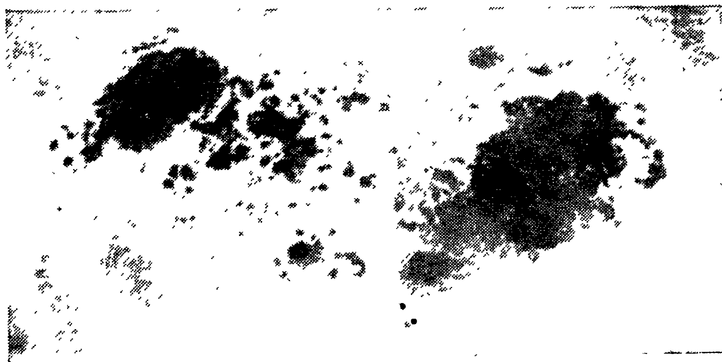
పరిమాణంలోనూ, బరువులోనూ సూర్యగోళం గ్రహాలకన్న చాలా పెద్దది. అది భూమికంటె 30 లక్షల రెట్లు ఎక్కువబరువు. సౌరకూటంలోని గ్రహాలన్నిటి బరువు ఏకం చేసినా అది సూర్యగోళం బరువులో 730 వ వంతు ఉంటుంది. దానిబరువు ఇంత ఎక్కువైనప్పటికీ, సాంద్రత చాలా తక్కువ. అది నీటికన్న ఒకటిన్నర రెట్లుంటుంది. భూమియొక్క సాంద్రత నీటిసాంద్రతకు అయిదున్నర రెట్లు. శుక్రుడిసాంద్రత నీటిసాంద్రతకు అయిదు రెట్లు. దీనిని బట్టి సూర్యుడిలో అధికభాగం వాయురూపంలో ఉన్నదని గ్రహించవచ్చు. దాని అంతర్భాగంలోని ఉష్ణోగ్రత 2 కోట్ల డిగ్రీలని ఇదివరకే మనం తెలుసుకున్నాం. ఈ కారణంచేత సూర్యుడిలోపల పీడనంకూడా చాలా హెచ్చుగా ఉండాలి. అలాటిపరిస్థితిలో వాయువులు, భూమిమీదలాగా వ్యాకోచించి ఉండవు.

సూర్యగోళం పైభాగానగల ఉష్ణోగ్రత సుమారు 6,000 సెం. డిగ్రీలు సూర్యుణ్ణి టెలిస్కోపుతోగాని, బైనాక్యులర్స్‌తోగాని చూడగోరేవారు మసిపూసిన గాజుపలకగాని, రంగుటద్దపుపలకగాని అడ్డం ఉంచుకోవాలి; లేకపోతే మనకళ్లు శాశ్వతంగా దెబ్బతింటాయి. సూర్యుణ్ణి తిన్నగా చూడడానికి బదులు దాని ప్రతిబింబాన్ని ఒక అట్టపై పడేలాగు చేయవచ్చు. ఒక అట్టపైన తెల్లని కాగితం అంటించి,

టెలిస్కోపుయొక్క నేత్రకటకానికి తగినంత దూరంలో ఉంచినట్లయితే, స్ఫుటమైన సూర్యప్రతిబింబం దానిపైన పడుతుంది. కళ్లకు చెరుపుకలగకుండా అనేకమంది. దానిని చూడవచ్చు.

సూర్యప్రతిబింబం స్పష్టంగా ఉన్నప్పుడు, అందులో తరచు నల్లనిమచ్చలు కనిపిస్తాయి. వాటిని "సూర్యుడి మచ్చలు" (sun spots) అంటారు. (ఫోటోగ్రాఫు-1) వాటి ఆకారాలూ, పరిమాణాలూ వేరువేరుగా ఉంటాయి. కొన్నిటిమధ్య చ్ఛేదం 50,000 మైళ్లుంటుంది, కొన్నిటిది 200 మైళ్లు మాత్రమే ఉంటుంది. అంతకంటె చిన్నవికూడా ఉండవచ్చు. ఈమచ్చల కేంద్రాలు చీకటిగా ఉంటాయి, అంచులకేసి వచ్చినకొద్దీ కాంతి హెచ్చుతుంది. సూర్యుడు గుండ్రంగా తిరిగేటప్పుడు సూర్యుడిమచ్చలుకూడా తిరుగుతాయి. కనుక వీటిసహాయంతో సూర్యగోళపరిభ్రమణ వేగం తెలుసుకోవచ్చు. సూర్యుడి వర్తులవేగం (angular velocity), ఘనగోళంలో ఉండేటట్లు, గోళమంతటా ఒకే విధంగా ఉండదు. మధ్యరేఖాప్రాంతంలో సూర్యగోళం 25 రోజుల కొకచుట్టు తిరుగుతుంది. ధ్రువప్రాంతాలు ఒకచుట్టు తిరిగిరావడానికి 34 రోజులు పడుతుంది.

సూర్యుడిమచ్చల పరిమాణమూ, సంఖ్యా రోజు రోజుకూ మారుతుంది. వాటి పరిమాణమూ, సంఖ్యా 11



ఫొటో - I. సూర్యుడి మచ్చలు : ఈ ఫొటో మౌంట్ విల్సన్ అబ్జర్వేట



ఫొటో - II.

సూర్యుడి జ్వాలలు :

ఈ జ్వాలలు 1,53,000 మైళ్ళ ఎత్తు లేచాయి. అదే ప్రమాణంలో మన భూమి ఎంత ఉండేదీ కుడిపక్కన గల తెల్లనిచుక్క తెలుపుతుంది. (1917 లో మౌంట్ విల్సన్ అబ్జర్వేటరీలో తీసిన ఫొటో)



ఫోటో- III. సర్పిలనక్షత్రకూటం; ఈ నెబులా "వేటకుక్కలు" అనే రాశిలో ఉన్నది. మన నక్షత్రకూటం కూడా దాదాపు ఇలాగే ఉంటుందని నమ్ముతున్నారు. దిగువనున్న తెల్లని భాగం నెబులాకు ఉపనెబులాలాటిది.



ఫొటో - IV. ఒరయాన్ రాశిలోని బ్రహ్మాండమైన నెబులా: ఇది వెయ్యి కాంతి సంవత్సరాలకు పైబడిన దూరంలో ఉన్నది. సమీపంలోగల నక్షత్రకాంతివల్ల అందులోని వాయువులు ప్రకాశమానంగా ఉన్నాయి. (1939 : లిక్ అబ్జర్వేటరీ, కాలిఫోర్నియా)

ఏళ్లకొకసారి హెచ్చుతుందని శాస్త్రజ్ఞులు గమనించారు. సూర్యుడిలోమచ్చలు ఉద్భృతమైనప్పుడు భూమిపైన కొన్ని ఫలితాలు కలుగుతాయని శాస్త్రవేత్తలు గమనించారు. రేడియోప్రసారాలు దెబ్బతింటాయి. టెలిగ్రాఫుకూ, టెలిఫోనులకూకూడా అంతరాయం కలుగుతుంది, కెనడా, స్వీడెనులలాంటి ఉత్తరదేశాలలో కనిపించే ''అరోరా'' కాంతిపటలాలు మరింత కాంతిమంతమవుతాయి.

సూర్యగోళంలో మచ్చలు ఎట్లాపుడతాయి? సూర్యుడియొక్క వివిధప్రాంతాలు వేరువేరు వేగాలతో తిరగడంచేత సూర్యుడి ఉపరిభాగాన సుడిగుండా లేర్పడ తాయి — వరదలప్పుడు నదులలో సుడిగుండా లేర్పడేటు గానే. సూర్యగోళంలోపల హెచ్చు పీడనానికి గురి అయి ఉండే వాయువులు ఈ సుడులగుండా, గరాటీ ఆకారంగల బుడగలరూపంలో, పైకి తోసుకువస్తాయి. వాయువు లిలా వెలువడినప్పుడు సూర్యుడినుంచి అసంఖ్యాకమైన ఎలెక్ట్రా నులూ, ''అయాను'' కణాలూ వెలువడుతాయి. ఈకణాలు గంటకు 20 లక్షల మైళ్ల వేగంతో ప్రయాణిస్తూ రెండు రోజులలో భూమిని చేరుకుంటాయి. వీటితాకిడివల్ల రేడియో, టెలిగ్రాఫ్లూ, టెలిఫోను వగైరా విద్యుత్పరిక రాలు దెబ్బతింటాయి. అయితే, సూర్యుడిమచ్చలు పదకొండేళ్ల కొకసారి ఎందుకు విజృంభిస్తాయో ఇంకాస్పష్టం కాలేదు.

సంపూర్ణ గ్రహణమప్పుడు సూర్యుడికి ఫొటోలుతీ సూర్యుడి పైభాగంనుంచి అనేకలక్షల మైళ్లు పైకిచిమ్ముతూ బ్రహ్మాండమైన జ్వాలలు కానవస్తాయి. వీటిని సూర్యుడి "ఔన్నత్యాలు" (solar prominences) అంటారు. సూర్యుడి ఉపరిభాగం అత్యంత కాంతిమంతం కావడం చేత ఈ "ఔన్నత్యాలు" సంపూర్ణ సూర్యగ్రహణమప్పుడు చూడ వీలవుతుందిగాని, ఉత్తప్పుడు చూడలేం.

## గ్రహాలు

తొమ్మిది గ్రహాలు వేరువేరుదూరాలలో ఉండి సూర్యుడిచుట్టూ ప్రదక్షిణం చేస్తున్నాయి. సుమారు 200 ఏళ్ల క్రితం యొహాన్ బోడే అనే జర్మను శాస్త్రవేత్త, సూర్యుడి నుంచి గ్రహాలుండే దూరాలకు సంబంధించిన ఉపయుక్తమైన సూత్రం ఒకటి కనిపెట్టాడు. ఆసూత్రం ఆనాటికి తెలిసిన ఆరుగ్రహాలకూ అనువర్తించింది. మొదట 3, 6, 12, 24, 48, 96 అనే సంఖ్యాశ్రేణి, సంఖ్యలను రెట్టింపు చేయగా వచ్చేది తీసుకోవాలి. ఈశ్రేణికి ఆరంభంలో 0 ఉంచాలి. 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96. ఇప్పు డీ సంఖ్యలన్నిటికీ 4 చేర్చాలి. అందువల్ల సంఖ్యలిలా ఉంటాయి: 4, 7, 10, 16, 28, 52, 100. గ్రహాలకూ, సూర్యుడికీ మధ్యగలదూరాలు ఇంచుమించు ఈ నిష్పత్తులలోనే ఉంటాయి.

ఈ దిగువ పట్టిక చూడండి :

| గ్రహం | బుధ | శుక్ర | భూమి | కుజ | ... | గురు | శని | యురేనస్ | నెప్ట్యూన్ | ప్లూటో |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| బోడే సూత్ర ప్రకారం | 4 | 7 | 10 | 16 | 28 | 52 | 100 | 196 | 388 | 772 |
| కొలచిన దూరం | 3·9 | 7·2 | 10 | 15.2 | — | 52 | 95.4 | 192 | 300.7 | 390 |

చివరి రెండు గ్రహాలనూ మినహాయిస్తే మిగిలినవన్నీ దాదాపు బోడేసూత్రం నిర్దేశించిన దూరాలలోనే సూర్యుడి చుట్టూ తిరుగుతూండడం గమనించవచ్చు.

అంగారక (కుజ), గురు గ్రహాలమధ్య చాలాఎడంఉన్న సంగతి నక్షత్రశాస్త్రవేత్తలకు తెలుసు. బోడే సూత్రంలో 16, 52 సంఖ్యలకు అనుగుణమైన దూరాలలో అంగారక, గురుగ్రహాలున్నాయి. 28 సంఖ్యకు అనుగుణమైనదూరంలో ఒకగ్రహం ఉండి ఉంటుందనీ, అది కంటికి కనబడనంత చిన్నదై ఉంటుందనీ వారనుకున్నారు. టెలిస్కోపుల సహాయంతో చూడగా ఆదూరాన ఒక్క చిన్నగ్రహం కనిపించడానికి మారుగా, తేనెటీగల తుట్టెలాగా అనేకవందల చిన్న గ్రహాలు సూర్యుడిచుట్టూ తిరుగుతూ కానవచ్చాయి. వాటికి "అల్పగ్రహాలు" (asteroids) అని పేరు పెట్టారు.

బోడే సూత్రంప్రకారం ప్లూటో ఉండవలసిన దూరంలో నెప్ట్యూన్ ఉండడంకూడ గమనించదగినది.

గ్రహాలు ప్రత్యేకించి ఈదూరాలలోనే ఉండి సూర్యుడి చుట్టూ తిరుగుతూండటానికి కారణం ఇంకా స్పష్టంగా తెలియడంలేదు.

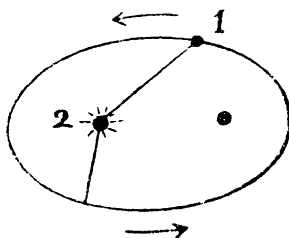
## కెప్లర్ సూత్రాలు

గ్రహాల ప్రదక్షిణలను విశదీకరించడానికి ప్రాచీన నక్షత్రశాస్త్రవేత్తలు అనేక సిద్ధాంతాలు ప్రతిపాదించారు. భూమినిశ్చలంగా ఉన్నదనీ, భూమి కేంద్రంగాగల వర్తుల కక్షలలో గ్రహాలు తిరుగుతున్నాయనీ చెప్పి, వారు గ్రహాల గతులను వివరించడానికి వలయాలలో వలయాలు చిత్రించారు.

కాని 1609 లో యోహాన్ కెప్లర్ అనే జర్మను శాస్త్రవేత్త రెండు సూత్రాలు ప్రతిపాదించి వాటి ద్వారా గ్రహాలగమనాన్ని చక్కగా వివరించాడు. పదేళ్ల అనంతరం ఆయన మూడవసూత్రంద్వారా, గ్రహాలమధ్యగల దూరాలకూ, అవి తమకక్ష్యలను చుట్టివచ్చే కాలానికీ గల సంబంధాన్ని వివరించాడు. ఈ సూత్రాలేమంటే : (1) గ్రహాలు దీర్ఘవృత్తాకారంగల కక్ష్యలలో తిరుగుతాయి; ఆదీర్ఘవృత్త నాభుల (foci) లో ఒకదానియందు సూర్యగోళం ఉంటుంది. (2) సూర్యుడికీ, గ్రహానికీ మధ్య ఒక రేఖను ఊహించినట్టయితే అది సమకాలంలో సమవైశాల్యంగల ప్రదేశాన్ని గడుస్తుంది. (3) గ్రహం ఒకసారి తనకక్ష్యను చుట్టివచ్చే

కాలంయొక్క చతురస్రం (square) దానికీ, సూర్యుడికీ మధ్య ఉండే సరాసరి దూరంయొక్క ఘనము (cube) కు అనుపాతాత్మకంగా ఉంటుంది. ($T^2 \propto R^3$).

గ్రహాలు సూర్యుడిచుట్టూ దీర్ఘవర్తుల కక్ష్యలలో తిరుగుతున్నాయి. వృత్తానికి ఒకే కేంద్రం ఉంటుంది, కాని దీర్ఘ వృత్తానికి రెండు నాభు లుంటాయి. వాటిలో ఒక దాని యందు సూర్యగోళం ఉంటుంది. అందుచేత సూర్యుడికీ, గ్రహానికీ మధ్యఉండే దూరం ఎల్లప్పుడూ ఒకటిగానే ఉండక రోజురోజుకూ మారుతుంది. గ్రహకక్ష్యలలో అంగారకుడిదీ, ప్లూటోదీ అతి దీర్ఘమైనవి. మిగిలినవి దాదాపు వృత్తాలే. కనుక సూర్యుడికీ, వీటికీ మధ్యఉండే దూరం అంతగా మార్పుచెందుతూ ఉండదు.




పటము 6

1. గ్రహము, 2. సూర్యుడు

" గ్రహకక్ష్య "

పై సూత్రాలలో మొదటిదాన్నీ, మూడో దాన్నీ ఆధారంచేసుకుని సర్ ఐజక్ న్యూటన్ ప్రసిద్ధ

మైన విశ్వగురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతాన్ని సూత్రీకరించాడు.

## గ్రహాల దూరాలు

మూడవసూత్రం సహాయంతో మనం గ్రహాల దూరాలను గుణించవచ్చు. భూమి సూర్యుడిచుట్టూ ఒక్కసారి తిరిగివచ్చే కాలం ఒక సంవత్సరం. భూమికీ, సూర్యుడికీ మధ్య ఉండే దూరం 9,30,05,000 మైళ్లని మనకు తెలుసు. అంగారకుడు సూర్యుడికి ఎంతదూరంలో ఉన్నదీ తెలుసుకోవాలంటే మనం ఆ గ్రహాన్ని నిత్యమూ గమనిస్తూ, అది ఎంతకాలంలో సూర్యుణ్ణి ఒక్కసారి చుట్టివచ్చేదీ తెలుసుకోవాలి. అంగారకుడు ఒక్క ప్రదక్షిణం పూర్తిచెయ్యడానికి 687 రోజులు పట్టుతుంది, అనగా 1·881 సంవత్సరం. కెప్లర్ మూడవ సూత్రంప్రకారం :

$$\frac{(\text{భూమి పరిభ్రమించే కాలం})^2}{(\text{భూమియొక్క దూరం})^3} = \frac{(\text{అంగారకుడు పరిభ్రమించే కాలం})^2}{(\text{అంగారకుడి దూరం})^3}$$

అనగా, $$\frac{(1\ \text{సంవత్సరం})^2}{(9,30,05,000\ \text{మైళ్లు})^3} = \frac{(1.881\ \text{సం.})^2}{(X\ \text{మైళ్లు})^3}$$

కనుక $X = 14,17,40,000$ మైళ్లు.

సూర్యుడి నుంచి అంగారకుడి సరాసరిదూరం ఇదే. అయితే అంగారకుడి కక్ష్య దీర్ఘవృత్తంకావడం మూలాన సూర్యుడికీ అంగారకుడికీ మధ్య ఉండే దూరం రోజురోజుకూ

మారుతూ ఉంటుంది. కనీసదూరం 12,62,00,000 మైళ్లు. గరిష్ఠదూరం 15,72,00,000 మైళ్లు.

ఇదేవిధంగా ఇతరగ్రహాలుండే దూరాలుకూడా గుణించవచ్చు.

ఇలాగే, కెప్లర్ మూడవసూత్రం ఆధారంచేసుకొని, సూర్యగోళంయొక్క, గ్రహాలయొక్క పరిమాణం, సాంద్రత వగైరాలను అంచనా కట్టవచ్చు. వీటిని గుణించే పద్ధతి అనుబంధం I లో చెప్పబడింది. గ్రహాల సరాసరి సాంద్రత పట్టికలో ఇవ్వబడింది.

## గ్రహాల ఉష్ణోగ్రత

సూర్యుడి నుంచి భూమికి చేరే వేడి అత్యంత నిర్దుష్టమైన పరికరాలతో సిసలుగా కొలవబడింది. దీని ఫలితంగా తేలినదేమంటే భూమిపై భాగాన ప్రతిచదరపు సెంటిమీటరు మేరకు నిమిషానికి 1·94 కాలోరీలు ఉష్ణ శక్తి లభిస్తున్నది. దీనినిబట్టి, సూర్యుడు తనచుట్టూ ప్రసరింపజేసే ఉష్ణశక్తి సెకండుకు $9 \times 10^{25}$ కాలోరీలని అంచనా కట్టారు. ఈ విషయం ఇంతకుముందే అనుకున్నాం. దీనినిబట్టి, ప్రసిద్ధమైన స్టీఫాన్ సూత్రం ఆధారంతో, సూర్యుడి ఉపరిభాగాన గల ఉష్ణోగ్రతను గుణించవచ్చు. అది సుమారు 6,000 సెం. డిగ్రీలు. దీనినిబట్టి భూమియొక్క సరాసరి ఉష్ణోగ్రత 14 సెం. డిగ్రీలని తేలింది.

సూర్యుడికి దూరంగా వెళ్లినకొద్దీ సూర్యుడివేడి తగ్గి పోతుంది గనుక ఇతరగ్రహాల ఉష్ణోగ్రతనుకూడా గుణించ వచ్చు. ఈగ్రహాలనుంచి భూమికివచ్చిచేరే కొద్దిపాటివేడిని ఉలిస్కోపులతోనూ, సూక్ష్మగ్రాహక పరికరాలతోనూ కొలిచి, ఆ గ్రహాల ఉష్ణోగ్రతను ప్రత్యక్షంగాకూడా తెలుసు కోవచ్చు. ఈ వివరాలుకూడా పట్టిక 2 లో ఉన్నాయి.

ఇప్పుడు ఒక్కొక్క గ్రహాన్నిగురించి వివరంగా తెలుసుకుందాం. వాటియొక్క పరిమాణ తారతమ్యం (52, 53 పేజీలలో) పటము 7 లో చూపబడిఉన్నది.

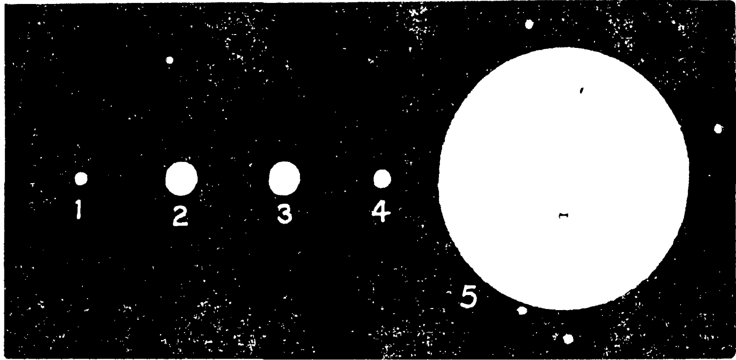
బుధుడు (Mercury).

బుధుడు గ్రహాలన్నిటిలోకీ చిన్నది. అది సూర్యుడికి దగ్గరగా ఉండడంచేత దానిని మనం సూర్యోదయానికి కొంచెంముందుగానూ, సూర్యాస్తమయం అయాక కొంచెం వెనుకగానూ మాత్రమే చూడగలం. దీనికీ సూర్యుడికీ మధ్య ఏర్పడే గరిష్ఠకోణదూరం 28 డిగ్రీలు మాత్రమే. ఈగ్రహం సెప్టెంబరు, అక్టోబరు మాసాలలో సూర్యోదయా నికి పూర్వం తూర్పునా, మార్చి, ఏప్రిలు మాసాలలో సూర్యాస్తమయానంతరం పడమటా, ఆకాశం దిగువ భాగంలో కొద్దిసేపు కనిపిస్తుంది. ఇది చాలా చిన్నగ్రహం కావడంచేత నక్షత్రంలాగా మిణుకు మిణుకు మంటుంది. ఈగ్రహంలో వాతావరణం లేదు. దీనిగురుత్వం చాలా

కొంచెం కావడంవల్ల దీని తాలూకుగాలి అణువులు ఏనాడో తప్పించుకుని అంతరిక్షంలోకి వెళ్ళిపోయి ఉంటాయి.

బుధుడు భూమికీ, సూర్యుడికీ మధ్యగా వచ్చినప్పుడు మనకు దానిచీకటి భాగం కనిపిస్తుంది. మనం దానికేసి టెలిస్కోపుతో చూసినట్టయితే అది నెలవంక లాగా కనిపిస్తుంది. అది క్రమంగా కళలుతగ్గి, అమావాస్యచంద్రుడు లాగా బొత్తిగా కనిపించకుండాపోతుంది. తిరిగి అది, క్రమంగా కళలు హెచ్చి, సూర్యుడి అవతలివైపున పూర్ణిమ చంద్రుడిలాగా పూర్ణబింబంతో కనబడుతుంది.

మనం బుధగోళాన్ని ఎంతశక్తిమంతమైన టెలిస్కోపుల సహాయంతో చూచినప్పటికీ, దానిపై భాగానగల వివరాలు కనిపించవు. అయితే దానితాలూకు ఫోటోలు కొన్నింటిలో కొన్ని గుర్తులు కనిపిస్తాయి. ఈ గుర్తుల సహాయంవల్ల బుధుడు తన అక్షంమీద ఒక్క-చుట్టు తిరగడానికి 88 రోజులు పడుతుందని తేలింది. అది సూర్యుడిచుట్టూ ఒక్క-సారి తిరిగి రావడానికి పట్టేకాలంకూడా 88 రోజులే. అది సూర్యుడికి చాలాసమీపంలో ఉన్నది గనుకనూ, చాలా కొద్ది పరిమాణంగలది గనుకనూ, బలవత్తరమైన సూర్యాకర్షణవల్ల ఈ గ్రహంలో గొప్ప ''వేలోర్ములు'' (tidal waves) ఉత్పత్తి అయి, అది తనచుట్టూ తాను తిరిగే వేగం క్షీణించి ఉంటుంది. కాలక్రమమున అది తనచుట్టూ తాను తిరగడానికి పట్టే కాలమూ, సూర్యుణ్ణిచుట్టిరావడానికి పట్టే

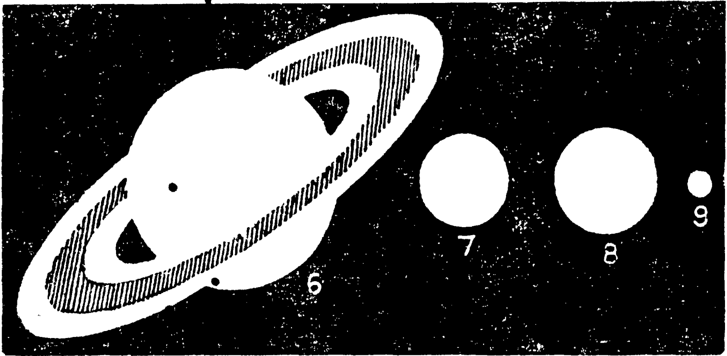



పటము 7

"గ్రహ పరిమాణాలలో అంతరాలు : 1. బుధుడు,

కాలమూ ఒకటే అయింది. అది సూర్యుడికి ఒకే "ముఖం" చూపుతున్నది. భూమియొక్క గురుత్వాకర్షణవల్ల చంద్రుడి పరిభ్రమణవేగంకూడా తగ్గి, దాని పరిభ్రమణకాలమూ, అది భూమిచుట్టూ తిరిగేకాలమూ ఒకటి అయి, అదికూడా భూమికేసి ఒక ముఖమే చూపుతున్నదన్న విషయం ఈ సందర్భంలో గుర్తుంచుకోవచ్చు.

బుధుడు సూర్యుడికి దగ్గరగా ఉండి, ఎల్లప్పుడూ సూర్యుడికేసి ఒక భాగమే చూపుతూండడంవల్ల, ఆ పక్క అత్యుష్ణంగానూ, రెండవపక్క అతి శీతలంగానూ ఉండాలి. వేడిగా ఉండే పక్క ఉష్ణోగ్రత 400 డిగ్రీ లుంటుందని అం




2. శుక్రుడు, 3. భూమి, 4. అంగారకుడు, 5. గురుడు, 6. శని,
7. యురేనస్, 8. నెప్ట్యూన్, 9. ప్లూటో.

చనా వేశారు. ఈ వేడికి సీసమూ, తగరమూలాటి లోహాలు కరిగి ప్రవహిస్తాయి.

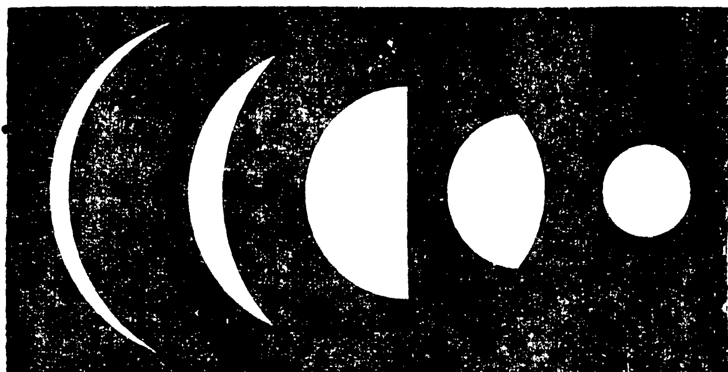
బుధగ్రహం చిన్నదే అయినప్పటికీ, సాపేక్ష సిద్ధాంతాన్ని (general theory of relativity ని) రుజువు చెయ్యడంలో ప్రముఖపాత్రవహించింది. ఇతరగ్రహాల గురుత్వాకర్షణ ప్రభావం చేత, బుధుడు సూర్యుడిచుట్టూ తిరిగే కక్ష్య క్రమంగా తిరుగుతున్నది. బుధుడికక్ష్యలో కలిగే ఈమార్పు ఏ వేగంతో కలుగుతున్నదీ శాస్త్రజ్ఞులు నిర్దుష్టంగా కొలిచారు. న్యూటన్ ప్రతిపాదించిన గురుత్వాకర్షణ సూత్రాలనుబట్టికూడా ఈవేగాన్ని అంచనాకట్టవచ్చు. ఇలా అంచనాకట్టగా వచ్చిన వేగానికీ, ప్రత్యక్షంగా కొలిచిన వేగానికీ

కొద్ది తేడా కనిపించింది. సూర్యుడికీ, బుధుడికీ మధ్య ఒక చిన్న గ్రహం ఉండడం చేతనే ఈ తేడా ఏర్పడిందనీ, అది తనగురుత్వాకర్షణతో బుధుణ్ణి ప్రభావితం చేస్తున్నదనీ శాస్త్రజ్ఞులు ఊహించారు. ఈ ఊహ ఆధారంగా వారు ఆ గ్రహం సూర్యుడి కెంతదూరంలో ఉండేదీ గుణించి, దానికి "వల్కన్" అని పేరుకూడా పెట్టారు. ఆ గ్రహంకోసం వారు టెలిస్కోపులతో ఆకాశమంతా గాలించారు. కాని ఆ గ్రహం కనిపించనే లేదు.

1915 లో, ప్రఖ్యాత శాస్త్రవేత్త ఆల్బర్టు ఐన్‌స్టయిన్ తన సాధారణ సాపేక్షసిద్ధాంతం ప్రతిపాదించాడు. ఈ సిద్ధాంతానికి చెందిన గురుత్వాకర్షణసూత్రం ప్రకారం బుధుడి కక్ష్యలో ఉండదగిన వ్యత్యాసాన్ని గుణించగా, అది కొలవగా వచ్చిన దానికి సరిగా సరిపోయింది. దీనిని బట్టి న్యూటన్ గురుత్వాకర్షణ సూత్రంకన్న ఐన్‌స్టయిన్ గురుత్వాకర్షణ సూత్రం సరి అయినదని రుజువయింది. ఈ సత్యాన్ని నిరూపించిన ఘనత బుధుడికి దక్కింది.

## శుక్రుడు (Venus)

ఆకాశంలోని అత్యంత ప్రకాశవంతమైన జ్యోతులలో సూర్య చంద్రుల తరువాత వచ్చేది శుక్రుడే. ఈ గ్రహం కూడా సూర్యుడికీ, భూమికీ మధ్య ఉండేదే గనక, దీని కళలుకూడా, చంద్రుడి కళలలాగా, హెచ్చుతాయి; తగ్గు



పటము 8

శుక్రుడి కళలు

తాయి. దీని నెలవంక ఆకృతిని టెలిస్కోపులోనుంచి చూస్తే అత్యంతమనోహరంగా ఉంటుంది. శుక్రుడు భూమికి అత్యంత సన్నిహితంగా ఉన్నప్పుడు నెలవంకలాగానూ, అత్యంతదూరంలో ఉన్నప్పుడు పూర్ణబింబంగానూ ఉండడం వల్ల, నెలవంక ఆకారంలో ఉన్నప్పుడే అది పెద్దదిగా కనిపిస్తుంది. బుధుడిలాగే శుక్రగ్రహంకూడా ఒకప్పుడు పశ్చిమాకాశంలో సాయంసంధ్యాతారగానూ, ఒకప్పుడు తూర్పు ఆకాశంలో ఉదయతార (వేగుచుక్క) గానూ కనిపిస్తుంది. శుక్రుడికీ, సూర్యుడికీ మధ్య ఉండే సరాసరిదూరం 670 లక్షల మైళ్లు కావడంచేత, అది పశ్చిమాకాశాన సూర్యాస్తమయానంతరం చాలాసేపు కనిపిస్తుంది. అలాగే వేగు

చుక్కగా తూర్పున సూర్యోదయానికంటె 2 గంటలు ముందుగా ఉదయిస్తుంది.

ఈ గ్రహాన్ని వాయువులూ, మేఘాలూ ఆవరించి ఉంటాయి. అందుచేత పెద్దపెద్ద టెలిస్కోపులతో చూసినా దీని ఉపరితలం కనిపించదు. కనుక అది తనచుట్టూ తాను తిరగడానికెంతకాలంపట్టేదీ నిష్కర్షగా గమనించడం సాధ్యంకాదు. స్పెక్ట్రొస్కోపులసహాయంతో దాని పరిభ్రమణకాలాన్ని లెక్కగట్టారు. అది 30 రోజులకొకసారి తనచుట్టూ తాను తిరుగుతుందని తేలింది. అయితే, అది సూర్యుణ్ణి ఒక్కసారి చుట్టిరావడానికి పట్టేకాలం 7 నెలల 13 రోజులు. సూర్యుడి ఆకర్షణవల్ల దానిలో ఉద్భవించిన "వేలలు" (waves) దీని పరిభ్రమణవేగాన్ని తగ్గించాయి. అయితే, దూరంహెచ్చుకావడంచేత వాటిప్రభావం బుధగ్రహంపైన ఉన్నంతగా దీనిమీద ఉండడానికి వీలులేదు. వాటిఫలితం తక్కువగానే ఉందికూడా.

శుక్రుడిలో ఉన్న వాయువులలో పుష్కలంగా ఉన్నది కార్బన్ డై ఆక్సైడ్ (బొగ్గుపులుసుగాలి). ఆక్సిజను (ప్రాణవాయువు) గాని, నీటి ఆవిరిగాని కనబడవు. అయితే మనం చూడగలిగినవి మేఘాలకు ఎగువ పొరలలో గల వాయువులుమాత్రమే. మేఘాలకు దిగువ ఏమున్నదీ మనకు తెలియదు. శుక్రుడిపైన వృక్షజాతులూ, మేఘాల అడుగున కార్బన్ డై ఆక్సైడూ ఉండేపక్షంలో, చెట్లు

కార్బన్ డై ఆక్సయిడ్ స్వీకరించి ఆక్సిజనును వదలాలి. ప్రాణవాయువుండే పక్షంలో శుక్రుడిపై జీవరాశికూడా ఉండాలి. అయితే అక్కడ ఇవన్నీ ఉన్నదీ, లేనిదీ ఇంకా స్పష్టంగా తెలియదు. రష్యనులూ, అమెరికనులూ పంపిన రాకెట్లు శుక్రుణ్ణిఆవరించియుండే మేఘాలను ఛేదించుకువెళ్లి, రేడియో, టెలివిజనులద్వారా శుక్రుడి పైభాగానగల పరిస్థితులను త్వరలోనే తెలుపగలవని ఆశిస్తున్నాను.

1962 ఆగస్టు 27 న అమెరికను శాస్త్రవేత్తలు "మారినర్ II" అనే అంతర్గ్రహ ఉపగ్రహాన్ని శుక్రుడికేసి పంపారు. అది 1962 డిసెంబరులో శుక్రగ్రహానికి 20,000 మైళ్లు ఎడంగా వెళ్లి, రేడియోసంకేతాలద్వారా శుక్రుణ్ణిగురించిన ముఖ్యమైన వివరాలనేకం అందజేసింది. ఈ రేడియోసంకేతాల అర్థాలను, సూచనలను ఇప్పుడు పరిశీలిస్తున్నారు. శుక్రుడి ఉష్ణోగ్రత 600 ఫారన్‌హైట్ డిగ్రీలు (317 సెం. డిగ్రీలు) అని ప్రకటించబడింది. ఇంత వేడిలో శుక్రుడిపైభాగాన ప్రాణులు జీవించడం సాధ్యంకాదు.

శుక్రుణ్ణి చుట్టి ఉండే మేఘాలు సూర్యకాంతిని ప్రతిఫలించడంవల్ల అది కాంతిమంతంగా కనబడుతూంది. చంద్రుడి పైభాగాన విస్తారంగా ఉండేవి గోధుమరంగు శిలలు కావడంచేత, చంద్రుడిపైనపడే సూర్యకాంతిలో నూరింట 7 వంతులు మాత్రమే ప్రతిఫలితమవుతుంది. శుక్రుడి మేఘాలు

అలాకాక, తమపైనపడే సూర్యకాంతిలో నూరింట 59 వంతులను ప్రతిఫలిస్తాయి.

బుధుడికిగాని, శుక్రుడికిగాని చంద్రుడులాంటి ఉపగ్రహాలు లేవు. శుక్రుడి బరువూ, పరిమాణమూ, సాంద్రతా ఇంచుమించు భూమినిపోలి ఉంటాయి. కాని దాని పై భాగానగల ఉష్ణోగ్రత చాలా హెచ్చు.

భూమి

భూమియొక్క నైసర్గికస్వరూపాలూ, వాతావరణస్థితీ, వృక్షజాతులూ, జంతు జాతులూ మొదలైన వివరాలను గురించి మనం బడిలో జియాగ్రఫీ, సైన్సు, హిస్టరీ క్లాసులలో నేర్చుకున్నాం. అయితే, సౌరకూటానికి చెందిన గ్రహాలలో భూమికూడా ఒకటి గనక కొన్ని వివరాలు సంగ్రహంగా ఇక్కడ తెలుసుకోవటం అవసరం.

భూమధ్య రేఖ మీదుగా 7,927 మైళ్ల వ్యాసంగల గోళం భూమి. ధ్రువాలమీదుగా దాని వ్యాసం నిడివి 7,900 మైళ్లు. అది భూమికి 930 లక్షల మైళ్లదూరాన ఉండి, 365.25 రోజుల కొకసారి సూర్యుణ్ణి చుట్టివస్తున్నది. ఈ కాలాన్ని మనం సంవత్సరమంటాం. అలా చుట్టి వస్తూనే అది తన అక్షంమీద 23 గంటల 56 నిమిషాలకొకసారి పరిభ్రమిస్తున్నది. ఈకాలాన్ని ఒక రోజంటాం. పరిభ్రమణం వల్లనే పగలూ, రాత్రీ ఏర్పడుతున్నాయి. అయితే గ్రహాల

మధ్య రాకెట్‌లో ప్రయాణించేవారికి రాత్రీ, పగలూ ఉండవు.

సుమారు 200 మైళ్ల ఎత్తువరకూ భూమిపైన గాలి పొర ఉన్నది. అది భూమికి చేరువలో సాంద్రంగా ఉండి, పైకి వెళ్లినకొద్దీ పలచనవుతుంది. గాలిలో 99 శాతం ఇరవై మైళ్ళ ఎత్తు లోపునే ఉన్నది. గాలిలో ఆక్సిజను, నైట్రోజను, కార్బన్ డై ఆక్సయిడ్ లాటి వాయువులు చేరి ఉన్నాయి. ఆక్సిజను లేకపోతే భూమిపై ప్రాణులుండడం సాధ్యమయేదికాదు. భూమికి గాలిపొర ఒక దుప్పటిలాటిది. గాలిపొరే లేకపోతే బహిరాకాశంనుంచి ఉల్కా శిలలూ, "కాస్మిక్" కిరణాలూ, "అల్ట్రావయొలెట్" కిరణాలూ భూమిపై వచ్చిపడి, ఎంతో ప్రమాదం కలిగించిఉండును. గాలి పొరేలేకపోతే పగటివేళ సూర్యుడివేడి భూమిని మాడ్చేసి ఉండును; రాత్రివేళ సరస్సులూ, చెరువులూ చలికి పేరుకు పోయి ఉండును. అయితే, గాలి ఒకచోటినుంచి మరొక చోటికి వీస్తుంద గనుక, అది శీతోష్ణస్థితులను సమం చేస్తున్నది. గాలికిగల ఉష్ణవాహకశక్తి చాలా కొద్ది. ఆ కారణం చేత రాత్రివేళల భూమి తన వేడిని శీఘ్రంగా కోల్పోదు.

నక్షత్రాలు మిణుకు మిణుకుమనడంకూడా గాలిపొర కారణంగానే. నక్షత్రం ఒక బిందువు (చుక్క). దాని నుంచి వచ్చే కిరణాలు వాతావరణంయొక్క కదలికకు చెదరి పోతూంటాయి. అందుచేత నక్షత్రం ఒకప్పుడు కనబడుతూ,

ఒకప్పుడు కనబడకుండాపోతూ ఉంటుంది. కనుకనే అది మిణుకు మిణుకు మంటూంటుంది. వేరువేరురంగుల కాంతి కిరణాలు వేరువేరు ప్రమాణాలలో వక్రీభవనం పొందుతాయి గనుక, నక్షత్రం మిణుకుమిణుకు మనడంతో పాటు రంగులు కూడా మారుతూంటాయి. నక్షత్రం దిఙ్మండలానికి చేరువగా ఉన్నప్పుడు దానికాంతి గాలిపొరలో హెచ్చుదూరం ప్రయాణిస్తుంది గనుక మరింతగా మిణుకు మిణుకుమంటుంది. భూమినిదాటి పైకి రెండువందలమైళ్ల ఎత్తుకు వెళ్లినట్టయితే, అక్కడ వాతావరణ మేమీ ఉండదుగనక, నక్షత్రాలు మిణుకు మిణుకుమనవు.

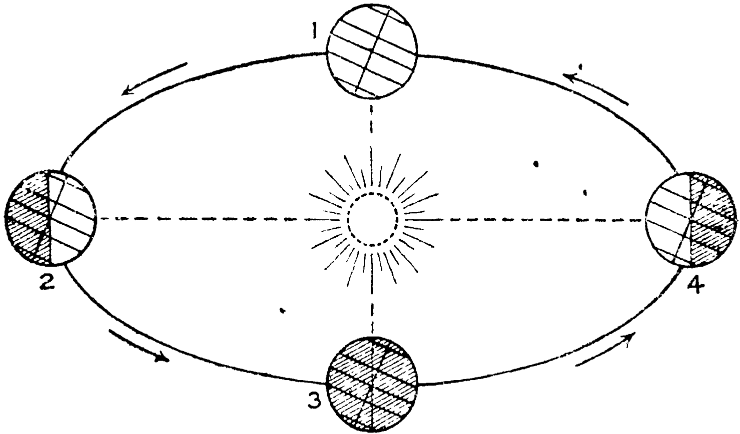
గాలిపొరలోని అణువులు సూర్యకిరణాలను వికిరణ పరుస్తాయి. ఇతరకిరణాలన్నిటికన్న నీలంకిరణాలు అధికంగా వికిరణం కావడంచేత ఆకాశం నీలంగా కనిపిస్తుంది. కాని, రెండువందలమైళ్ల ఎత్తున వాతావరణం లేనికారణం చేత ఆకాశం నల్లగా కనబడుతుంది. గాలిచేత వికిరణం పొందే సూర్యకిరణాలకాంతి తీవ్రత నక్షత్రకాంతికన్న హెచ్చు కావడంచేత పగలు నక్షత్రాలు కనబడవు. కాని, రెండు వందలమైళ్ల ఎత్తున కాంతివికిరణం ఉండదు గనుక, నల్లని ఆకాశంలో సూర్య చంద్ర గోళాలూ, నక్షత్రాలూ ఏక కాలమందే కానవసాయి.

గురుత్వాకర్షణ బలం ఉండడంచేత భూమి అనేక మైనవాటిని పట్టి ఉంచుకున్నది. గురుత్వాకర్షణ లేకపోతే

వాతావరణంలోని అణువులు ఎప్పుడో భూమినుంచి పలాయనంచేసి ఉండేవి. అంతేగాక, భూమియొక్క పరిభ్రమణ బలంవల్ల, దానిపై నవున్న సమస్తవస్తువులూ — సముద్రాలలోనూ, నదులలోనూ, సరస్సులలోనూ ఉండే నీరూ, భూమిపై భాగాన ఉండే శిలలూ, ఇసుకా, ప్రాణులూ, మనుష్యులూ — అన్నీ భూమినుంచి విసిరివేయబడేవి! భూమియొక్క గురుత్వాకర్షణవల్లనే చంద్రగోళం భూమిచుట్టూ తిరుగుతున్నది. అంతరిక్షయాత్ర చేయదలచినవాడు ముందు ఈగురుత్వాకర్షణనుంచి బయటపడాలి. ఇందుకు అవసరమైన వేగం సెకండుకు 7 మైళ్లు. అంటే, భూమినుంచి సెకండుకు 7 మైళ్ల వేగంతో కదిలే ఏవస్తువైనా భూమియొక్క ఆకర్షణనుంచి తప్పించుకుని అంతరిక్షంలోకి వెళ్లిపోగలదు.

భూమి తనచుట్టూ తానుతిరిగే అక్షం అది సూర్యుడి చుట్టూనడిచే కక్ష్య ఉండే సమతలానికి లంబకోణంలో ఉండక కొంచెం (23½ డిగ్రీలు) వాలుగా ఉన్నది. భూమి సూర్యుడిచుట్టూ తిరిగేటప్పుడు అక్షం ఉండే దిక్కులోగాని, వాలులోగాని మార్పేమీ ఉండదు. ఇందువల్ల భూమిపై భిన్న శీతోష్ణస్థితు లేర్పడ్డాయి. జూనుమాసంలో భూమధ్యరేఖకు ఉత్తరంగా ఉండే భూభాగం సూర్యుడికేసి వాలి ఉంటుంది, భూమధ్యరేఖకు దిగువగా (దక్షిణంగా) ఉండే

భూభాగం సూర్యుడికి దూరంగా వాలి ఉంటుంది. కనుక ఉత్తరభూభాగానికి హెచ్చువేడీ, హెచ్చుకాంతీ లభిస్తాయి. ఇదే మనకు వేసవి. డిసెంబరుమాసంలో ఉత్తరభూభాగం




పటము 9

భూమిపైన ఋతువులు ;

1. మార్చి 21, 2. జూను 21,
3. సెప్టెంబరు 21, 4. డిసెంబరు 21.

సూర్యుడికి పెడగానూ, దక్షిణభాగం సూర్యుడికేసీ వంగి ఉంటాయి. అందుచేతనే ఆస్ట్రేలియా, దక్షిణాఫ్రికా, దక్షిణ అమెరికాలాటి దక్షిణప్రాంతాలకు డిసెంబరు నడివేసవి. మార్చి, సెప్టెంబరు మాసాలలో ఏభాగమూ సూర్యుడికేసి

గాని, పెదగాగాని ఉండదు. అందుచేత అప్పుడు ఏభాగానికీ వేసవీ కాదు, శీతకాలమూ కాదు.

భూమియొక్క చుట్టుకొలత ఎలా కొలుస్తారు ?

రెండువేల రెండువందల ఏళ్ళక్రితం (క్రీ. పూ. 250 లో) ఎరాటాస్తెనిస్ అనే గ్రీకుశాస్త్రవేత్త, అలెగ్జాండ్రియా నివాసి, మొట్టమొదటగా భూమియొక్క చుట్టుకొలత కొలిచాడు. సూర్యుడు ఎల్లప్పుడూ మిట్టమధ్యాహ్నవేళ సూటిగా నడినెత్తిన ఉండకపోవడం మనకు తెలిసినదే. ఒకప్పుడు సూర్యగోళం నడినెత్తికి కొంచెం దక్షిణంగానూ, ఒకప్పుడు కొంచెం ఉత్తరంగానూ ఉంటుంది. మార్చి 21 న సూర్యగోళం ఒకప్రదేశంలో నడినెత్తికి ఎంతపెడగా ఉంటుందనేది ఆప్రదేశంఉండే అక్షాంశంపై ఆధారపడుతుంది. దానిని బట్టే మిట్టమధ్యాహ్నపు నీడలనిడివికూడా మారుతుంది.

ఎరాటాస్తెనిస్ అలెగ్జాండ్రియా, అస్వాన్ నగరాలు రెంటిలోనూ సమమైన నిడుపుగల రెండు కర్రలు పాతాడు. జూను 21 నాడు మధ్యాహ్నం రెండింటి నీడలూ కొలిచి, రెండునగరాల అక్షాంశలలోనూ 7·2 డిగ్రీల వ్యత్యాసం ఉన్నదని తెలుసుకున్నాడు. రెండునగరాల మధ్యాగలదూరం 493·2 మైళ్లని ఆయన కొలిచి కనుక్కున్నాడు. భూమి గోళమనుకున్నట్టయితే, దానిపరిధి భూమియొక్క కేంద్రానికి 360 డిగ్రీలు ఆక్రమించి ఉంటుంది. 493·2 మైళ్ల పరిధి 7·2

డిగ్రీలు అతిక్రమించినట్టయితే 360 డిగ్రీల పరిధి ఎంతో తేలికగా గుణించవచ్చు. ఇలా గుణించగా భూమిచుట్టు కొలత 24,662 మైళ్లు వచ్చినది. ఈనాడు లభ్యమయే నిర్దుష్ట పరికరాలతో గుణించగా భూమియొక్క చుట్టుకొలత 24,860 మైళ్ళని లెక్క తేలుతున్నది. 2,200 ఏళ్లక్రితమే ఈ సరిఅయిన కొలతకు అంత దగ్గరకొలత లభించడం నిజంగా ఆశ్చర్యకరం!

ఈనాడు పెద్ద టెలిస్కోపుల సహాయంతో నక్షత్రాలు ఉచ్చలో ఉండే స్థానాలను వివిధ అంక్షాంశముల మీదినుంచి నిర్ణయించి తద్వారా భూమియొక్క చుట్టుకొలత గుణిస్తారు. నక్షత్రాలు కేవలమూ బిందువులు గనుక అవి ఉచ్చస్థానాన్ని అధిగమించే స్థానాలను అతి సూక్ష్మంగా కొలవవచ్చు.

## చంద్రుడు

ఆకాశానవెలిగే చంద్రుణ్ణి అనాదిగా కవులూ, రచయితలూ, కాముకులూ, ప్రేమికులూ కీర్తిస్తూ వస్తున్నారు. "మనకేది ఎక్కువ ఉపయోగం — ఎండా, వెన్నెలా?" అని ఒక ప్రాచీన రష్యను రచయిత ప్రశ్న వేసి, దానికి తానే ఇలా సమాధానం చెప్పాడు : "వెన్నెలే మనకు ఎక్కువ ఉపయోగం. ఎందుకంటే, పట్టపగలు బోలెడంత వెలుగు ఉండే సమయంలో సూర్యుడు ప్రకాశిస్తాడు, కాని

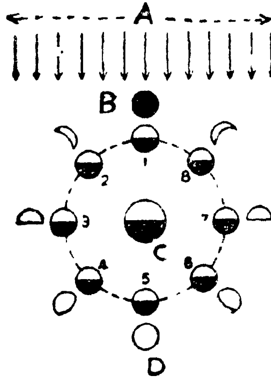
రాత్రివేళ అంతటా అంధకారంగా ఉండేటప్పుడు చంద్రుడు ప్రకాశిస్తాడు."

ఇది తప్పని మనకు తెలుసు. సూర్యుడు ప్రకాశించడంవల్లనే మనకు పగలు ఏర్పడుతున్నది. రాత్రివేళ చంద్రగోళం సూర్యకాంతినే ప్రతిఫలించి మనకు వెలుగు నిస్తున్నది. ఒక్క చంద్రుడే కాదు, బుధుడూ, శుక్రుడూ, గురుడూ, శనీ — అన్ని గ్రహాలూ అరువు కాంతితోనే ప్రకాశిస్తున్నాయి.

చంద్రుడు మనభూమికి ఉపగ్రహం. అది 2,38,000 మైళ్ళ దూరాన ఉండి, పడమరనుంచి తూర్పుకు నడుస్తూ, 27⅓ రోజులకొకసారి భూమిని చుట్టివస్తున్నది. ఆకాశగోళాలన్నిటికన్నా ఇది భూమికి అత్యంతసన్నిహితమైనది. కనుకనే, అది చిన్నపరిమాణంగలదైనా ఇంచుమించు సూర్యుడంత పరిమాణంలో మనకు కనిపిస్తున్నది. దాని వ్యాసం 2,162 మైళ్లు. దాని బరువు భూమిబరువులో 81 వ వంతు. దానిపైభాగాన గురుత్వాకర్షణబలం భూమిపైభాగంమీద ఉండే దానిలో 6 వ వంతు. అంటే, భూమిపైన 150 పౌనులు తూగే మనిషి చంద్రునిపైన 25 పౌనులుమాత్రమే తూగుతాడు. సెకండుకు ఒకటిన్నరమైళ్ళవేగంతో కదిలే వస్తువు చంద్రుడి గురుత్వాకర్షణనుంచి తప్పించుకుపోగలదు. చంద్రుడి ఉపరితలాన ఒకప్పుడు గాలి, నీటి ఆవిరీ ఉండిఉండవచ్చు. కాని, వాటి అణువులు చంద్రుడి ఆకర్షణనుంచి

తప్పించుకుపోవడంవల్ల, ప్రస్తుతం చంద్రుడిపైన గాలి గాని, నీటి ఆవిరిగాని లేనట్లు కనిపిస్తుంది.

భూమియొక్క చుట్టుకొలతను కనుక్కోవడానికి ఉపయోగించిన పద్ధతిలోనే భూమికి చంద్రుడికి మధ్యదూరాన్ని సరిగా కనుక్కోవచ్చు. సూటిగా ఉత్తర దక్షిణాలలో ఉండే రెండు స్థలాలనుంచి చంద్రుడు ఉచ్చలో ఉన్నప్పుడు దానిస్థానంలో ఎంత కోణవ్యత్యాసం కనిపిస్తుందో కొలిచి చూడాలి. ఈకోణాలనుబట్టి, రెండుస్థలాలమధ్యాగల దూరాన్నిబట్టీ చంద్రుడిదూరాన్ని సరిగా అంచనాకట్టవచ్చు.




పటము 10

చంద్రుడి కళలు :

(A : సూర్యకాంతి, B : అమావాస్య చంద్రుడు, C : భూమి, D : పున్నమి చంద్రుడు)

చంద్రుడి కళలు హెచ్చడమూ, తగ్గడమూ అన్నది అనాదిగా తెలిసినదే. అవి, చంద్రుడు భూమిచుట్టూ తిరిగే టప్పుడు, చంద్రుడు ప్రతిఫలించే సూర్యకాంతి పడే భూభాగాలపైన ఆధారపడతాయి.

10 వ చిత్రంలో ఒకటి అనే గుర్తుగల చోట చంద్రగోళం, సూర్యగోళం భూమికి ఒకే దిక్కుగా ఉన్నాయి. భూమికి అభిముఖంగా ఉన్న చంద్రుడిభాగం చీకటిగా ఉండేది; ఆ భూభాగానికి అప్పుడు పగలు. చంద్రుడు సూర్యుడితోబాటే ఉదయించి సూర్యుడితోబాటే అస్తమిస్తాడు. ఆరోజును అమావాస్య అంటాం. అయిదు అనే గుర్తుగల చోట చంద్రుడూ, సూర్యుడూ భూమికి చెరొక వైపునా ఉన్నారు. చంద్రునిలో కాంతిమంతమైనభాగం భూమికి అభిముఖంగా ఉన్నది; భూమికి అప్పుడు రాత్రి. అందుచేత రాత్రిపొడుగునా నిండుకళలతో పూర్ణచంద్రుడు కనిపిస్తాడు. దీనినే పూర్ణిమ అంటాం. భూమిమీదినుంచిచూస్తే చంద్రుడిలోని కాంతిమంతమైనభాగం పెరగడమూ, తరగడమూ చిత్రంలో చూపబడి ఉంది.

అయితే ఇక్కడ ఒకవిషయం స్పష్టంచెయ్యాలి. ఒకటి గుర్తుగల చోట చంద్రుడు సూర్యుడికి అడ్డువచ్చి సూర్యగ్రహణం కలగాలి. అలాగే అయిదు గుర్తుగలచోట భూమియొక్క నీడ చంద్రుడిపై పడి చంద్రగ్రహణం కలగాలి. అంటే, ప్రతి అమావాస్యకూ సూర్యగ్రహణమూ,

ప్రతి పూర్ణిమకూ చంద్రగ్రహణమూ కలగాలన్నమాట. కాని వాస్తవానికి అలా జరగదు. ఎందుకంటే చంద్రుడు భూమిచుట్టూతిరిగే కక్ష్య భూమి సూర్యుడిచుట్టూ తిరిగే కక్ష్యకు 5 డిగ్రీలు ఏటవాలుగా ఉన్నది. అందుచేత భూమీ, చంద్రుడూ, సూర్యుడూ నెలకు రెండుపర్యాయాలు ఒకే సరళరేఖలోకి రావడం జరగదు. ఏడాదిమీద రెండుమూడు సార్లు అవి అలా ఒకరేఖలోకి వచ్చినప్పుడు మాత్రమే గ్రహణాలు కలుగుతాయి. కాని దీన్నిబట్టి ఒకటి స్పష్టమవుతుంది: సూర్యగ్రహణం అమావాస్యనాడే కలుగుతుంది, చంద్రగ్రహణం పూర్ణిమనాడే కలుగుతుంది.

సముద్రతీరాన నివసించేవారు పున్నమికీ, అమావాస్యకూ సముద్రపు పోటురావడం గమనిస్తారు. మామూలు రోజులకంటె ఆరోజులలో అలలు పెద్దవిగా ఉంటాయి, సముద్రం పొంగుతుంది; లేస్తుంది. చంద్రుడియొక్క గురుత్వాకర్షణే ఇందుకు కారణం. అమావాస్యనాడూ, పూర్ణిమనాడూ సూర్యచంద్రగోళాలు భూమికి ఒకే పక్కన, రెండు పక్కలా ఉండి సముద్రపు నీటిని లాగుతాయి. అందుచేత సముద్రపునీరు పొంగి, పోటు వస్తుంది. అలలుకూడా ఎత్తుగా లేస్తాయి. మధ్యరోజులలో సూర్యచంద్రుల ఆకర్షణలు కలిగే దిక్కులు సమకోణంలో ఉండడంచేత సముద్రజలం ఒకచోట కూడుకునే అవకాశం ఉండదు. కనుక సముద్రమట్టం పెరగదు.

ఈవిధంగా సముద్రాలలో పోటు పాట్లు ఏర్పడడం వల్ల ఒక ముఖ్యమైన ఫలితం ఏర్పడుతున్నది. చంద్రుడు భూమినిచుట్టి వచ్చేటప్పుడు దానితో బాటే "వేలోర్మి" (tidal wave) కూడా కదులుతుంది. అది కదిలేటప్పుడు భూమి కేసి ఒరుసుకుంటుంది. ఈఘర్షణంవల్ల భూమియొక్క పరిభ్రమణవేగం కొద్దిగా తగ్గుతుంది. కడచిన 1,20,000 సంవత్సరాలకాలంలో రోజుయొక్క ప్రమాణం ఒక్క సెకండు పెరిగినట్లు అంచనాకట్టారు. ఇది కావడానికి అత్యల్పమే గాని, అనేకవందల కోట్ల సంవత్సరాల మీదట రోజు యొక్క ప్రమాణం బాగానే పెరుగుతుంది.

చంద్రుడికన్న భూమి చాలాపెద్దది గనుక ఈవిధమైన వేలాఘర్షణం చంద్రుడిలో చాలాహెచ్చుగా ఉండాలి. అందుకనే చంద్రగోళం పరిభ్రమణవేగం మరీవేగంగా తగ్గిపోయి, ఇప్పుడది తనచుట్టూ తాను తిరగడానికి $27\frac{1}{3}$ రోజులు పడుతున్నది. అనగా, చంద్రుడు తనచుట్టూ తాను తిరగడానికి పట్టే కాలమూ, భూమిచుట్టూ తిరిగి రావడానికి పట్టేకాలమూ ఒకటయాయి.

సూర్యుడు భూమికి చాలాదూరాన ఉన్నందున సముద్రాలపై సూర్యుడి ఆకర్షణబలంకంటె, చంద్రుడి ఆకర్షణ బలం చాలా జాస్తి. వేలాఘర్షణఫలితంగా భూమియొక్క పరిభ్రమణవేగం క్రమంగా తగ్గేకొద్దీ, పరిభ్రమణనియమాల

ప్రకారం భూమికీ చంద్రుడికీ మధ్య ఉండేదూరం క్రమంగా పెరగాలి. అందుచేత చంద్రుడు భూమిని చుట్టివచ్చే కాలం కూడా హెచ్చాలి. మరి 5,000 కోట్ల సంవత్సరాలకు భూమి తనచుట్టూ తాను తిరగడానికి పట్టేకాలం 47 రోజులకు పెరుగుతుంది. అప్పటికి చంద్రుడు భూమికి 3,40,000 మైళ్ల దూరంలో ఉంటాడు. చంద్రుడు భూమిని చుట్టివచ్చేకాలం కూడా 47 రోజులే అవుతుంది. భూమి తనచుట్టూ తాను తిరగడానికి పట్టేకాలమూ, చంద్రుడు భూమిచుట్టూ తిరిగి రావడానికి పట్టేకాలమూ ఒకటి అయిన అనంతరం, చంద్రుడి గురుత్వాకర్షణఫలితంగా ఉండే పాటుపోట్లు భూమి యొక్క పరిభ్రమణకాలాన్ని మరి పెంచవు.

అయితే, అప్పటికీ సూర్యుడి గురుత్వాకర్షణ బల ప్రభావం భూమిపైన ఉండనే ఉంటుంది. ఈ కారణంగా భూమియొక్క పరిభ్రమణకాలం హెచ్చుతూ పోతుంది. దాని ఫలితంగా చంద్రగోళం నింపాదిగా భూమికేసి రాసాగుతుంది. చంద్రుడిలా భూమిని సమీపించకుండా అడ్డుకునే శక్తి ఏదీ లేదు. మరి 5,000 కోట్ల ఏళ్లకు చంద్రుడు భూమికి చాలాదగ్గరగా వస్తాడు. అలా చంద్రగోళం భూమియొక్క "రోష్ అవధి" (Roche Limit) చేరగానే భూమియొక్క గురుత్వాకర్షణ ఫలితంగా ముక్కలు ముక్కలైపోతుంది. (ఇది ముందు శనిగ్రహాన్ని గురించిన భాగట్టాలో వివరించి ఉన్నది.) పగిలిపోయిన చంద్రుడి ముక్కలు భూమిచుట్టూ

పరిభ్రమించుతూ, శనిచుట్టూ ఉండే వలయాలవంటి వలయంగా ఏర్పడతాయి.

## అంగారకుడు

అంగారకగ్రహం సూర్యుడికి 1,417 లక్షల మైళ్ళ సరాసరి దూరంలో ఉన్నది. అయితే దాని కక్ష్య దీర్ఘవృత్తం కావడంచేత అది సూర్యుడికి 260 లక్షల మైళ్ళ దూరంలోకి కూడా వస్తుంది. భూమికీ, అంగారకుడికీ మధ్య ఉండే దూరం 345 లక్షల నుంచి, 629 లక్షల మైళ్ళ వరకు మారుతూ ఉంటుంది.

అంగారకుణ్ణి టెలిస్కోపుతో చూసినప్పుడు దాని ఉపరితలాన అనేక వివరాలు కనిపిస్తాయి. దాని ధ్రువాల చుట్టూ ఉండే ప్రదేశం తెల్లగా కనిపిస్తుంది. ఏ ధ్రువాన శీతకాలమైనప్పుడు ఆ ధ్రువప్రాంతంలో తెల్లని ప్రదేశం పెరిగిపోతుంది. అదేవిధంగా వేసవిలో తరిగిపోతుంది. అందుచేత, భూమియొక్క ధ్రువాలవద్దలాగే, అంగారకధ్రువాలుకూడా మంచులోకప్పి ఉన్నట్టు భావిస్తున్నారు. వేసవిలో ఎండ వేడికి మంచుకరిగి, తెల్లనిభాగాలు తరిగి పోతాయని ఊహిస్తున్నారు. అయితే ఈ మంచు కరుడుగట్టిన నీరో, కరుడు గట్టిన బొగ్గుపులుసుగాలో తెలియదు.

అంగారకగ్రహంలో వాతావరణం చాలా పలచన. దానిలో ఆక్సిజనూ, నీటి ఆవిరీ బహుకొద్దిగా ఉన్నాయి.

ఉండిన ఆక్సిజనులో చాలాభాగం శిలలచేత గ్రహించబడిందనీ, అందుచేత అవి గోధుమరంగుకు తిరిగాయనీ, కనుకనే అంగారకగ్రహం గోధుమరంగుగా కనిపిస్తున్నదనీ నమ్ముతున్నారు. అక్కడి వాతావరణంలో ఆక్సిజను తక్కువగా ఉండడానికిదే కారణం కావచ్చు. మన మెరిగిన జంతువుల లాటివి ఆక్సిజను ఇంత అల్పంగాగల వాతావరణంలో జీవించలేవు. అయితే మనకు తెలియని జీవరాశు లక్కడ అభివృద్ధి చెంది ఉండవచ్చు.

## పట్టిక 3 : ఉపగ్రహాలను గురించిన వివరాలు

| గ్రహం | | ఉపగ్రహం | ఉపగ్రహం ఉండేదూరం (మైళ్లలో) | ఉపగ్రహం వ్యాసం (మైళ్లలో) | గ్రహాన్ని చుట్టివచ్చేకాలం రో. | గం. | ని. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| భూమి | | చంద్రుడు | 2,39,857 | 2,160 | 27 | 7 | 43 |
| అంగారకుడు | 1 | ఫోబోస్ | 5,800 | 10? | 0 | 7 | 39 |
| ,, | 2 | డైమోస్ | 14,600 | 5? | 1 | 6 | 18 |
| గురుడు | 1 | అయో | 2,61,800 | 2,300 | 1 | 18 | 28 |
| ,, | 2 | యూరోపా | 4,16,600 | 2,000 | 3 | 13 | 14 |
| ,, | 3 | గానిమీడ్ | 6,64,200 | 3,200 | 7 | 3 | 43 |
| ,, | 4 | కాలీస్టో | 11,68,700 | 3,200 | 16 | 16 | 32 |
| ,, | 5 | — | 1,12,600 | 100? | 0 | 11 | 57 |
| ,, | 6 | — | 71,14,000 | 100? | 250 | 16 | — |
| | | | 72,92,000 | 40? | 260 | | |

| గ్రహం | ఉపగ్రహం | | ఉపగ్రహం ఉండేదూరం (మైళ్లలో) | ఉపగ్రహం వ్యాసం (మైళ్లలో) | గ్రహాన్ని చుట్టివచ్చేకాలం రో. | గం. | ని. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| గురుడు | 8* | — | 1,46,00,000 | 40? | 739 | — | — |
| .. | 9* | — | 1,50,00,000 | 20? | 745 | — | — |
| .. | 10 | — | 71,92,000 | — | 254 | 5 | — |
| .. | 11* | — | 1,40,27,000 | — | 692 | 12 | — |
| శని | 1 | మైమోస్ | 1,15,000 | 400? | — | 22 | 37 |
| .. | 2 | ఎన్సెలేడస్ | 1,48,000 | 500? | 1 | 8 | 33 |
| .. | 3 | టెతిస్ | 1,83,000 | 800? | 1 | 21 | 18 |
| .. | 4 | డయోన్ | 2,34,000 | 700? | 2 | 17 | 41 |
| .. | 5 | రియా | 3,27,000 | 1,100? | 4 | 12 | 25 |
| .. | 6 | టైటన్ | 7,59,000 | 2,600 | 15 | 22 | 41 |
| .. | 7 | హైపిరియన్ | 9,30,000 | 300? | 21 | 6 | 38 |
| .. | 8 | యాపెటస్ | 22,10,000 | 1,000? | 79 | 7 | 56 |
| .. | 9* | ఫీబి | 80,34,000 | 200? | 550 | — | — |
| యురేనస్ | 1* | ఏరియల్ | 1,19,000 | 600? | 2 | 12 | 29 |
| | 2* | ఉంబ్రియల్ | 1,65,000 | 400? | 4 | 3 | 28 |
| | 3* | టైటేనియా | 2,72,000 | 1,000? | 8 | 16 | 56 |
| | 4* | ఓబెరాన్ | 3,64,000 | 900? | 13 | 11 | 7 |
| | 5 | మిరాండా | — | — | | — | |
| నెప్ట్యూన్ | 1* | ట్రిటన్ | 2,20,000 | 2,800? | 5 | 21 | 3 |
| | 2 | నెరీడ్ | 50,00,000 | 200? | 730 | — | — |

* ఈగుర్తుగల ఉపగ్రహాలు వక్రంగా, అంటే తూర్పునుంచి పడమరకు తిరుగుతున్నాయి.

(గ్రహాలు సూర్యుడిచుట్టూ తిరిగేటప్పుడూ, తమ అక్షాలమీద తాము తిరిగేటప్పుడూకూడా పడమరనుంచి తూర్పుకు కదులుతాయి.)

1877 లో షియాపరెల్లీ అనే ఇటాలియను శాస్త్ర వేత్త అంగారకుడిపైన సన్నని, నిడుపైన గీరలు గమనించి అవి ''కాలువలు'' అని ఊహించాడు. ఈమాట ప్రజల మనస్సులలో పాతుకుపోయి, వెర్రిమొర్రి భావకల్పనలకు దారితీసింది. ప్రజ్ఞావంతులుమాత్రమే కాలువలను నిర్మించ గలరు, కనుక అంగారకుడిలో మానవులలాటి మేధావి ప్రాణు లుండి ఉండాలి! ప్రొఫెసర్ పెర్సివల్ లవల్ తన జీవితమంతా ఈ కాలువలను శ్రద్ధగా గమనిస్తూ, వాటిని గురించి అనేకవ్యాసాలు రాశాడు. అందరూ అనుకునే దేమంటే, ధ్రువప్రాంతాల మంచు కరిగేటప్పుడు ఆ నీటిని నిర్జలప్రాంతాలకు తేవడానికి కాలువలుతవ్వుతారనీ, కాలువల కిరువైపులా అనేకమైళ్ళ మేర వ్యవసాయం సాగే ప్రదేశం మనకు గీరలుగా కనిపిస్తుందనీ, వ్యవసాయ ప్రదేశమూ, అరణ్యాలూ మార్పుచెందుతూ ఉండడంచేత గీరలలో మనకు మార్పు కనిపిస్తుందనీనూ. అంగారకుడిలో వృక్షజాతులుండే పక్షంలో జంతుజాతులుకూడా ఉన్నాయనుకోవచ్చు. మేధస్సుగల ప్రాణులుకూడా ఉండవచ్చు, అయితే ఇదంతా నిజమో, లేక కేవలమూ భావనో ఈ నాటికికూడా తేల లేదు.

అంగారకుడికి రెండు చిన్న చందమామలు (ఉపగ్రహాలు) ఉన్నాయి. వారి పేర్లు ఫోబోస్, డీమోస్. ఫోబోస్ వ్యాసం 10 మైళ్ళు. అది అంగారకుడికి 5,828 మైళ్ళ

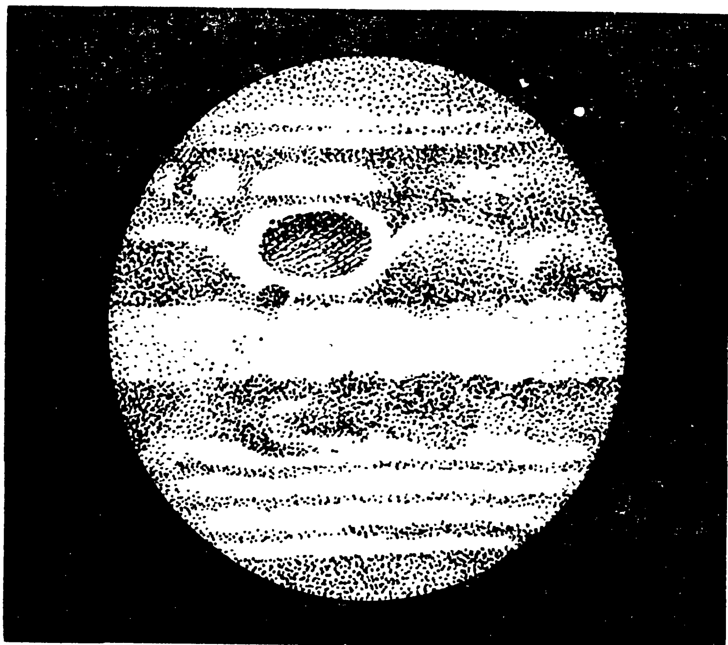
దూరాన ఉండి, 7 గంటల 39 నిమిషాల కొకసారి దానిని చుట్టి వస్తున్నది. అంగారకగ్రహం తనచుట్టూ తాను తిరగ డానికి 24 గంటల 37 నిమిషాలు పడుతుంది గనుక, ఈ ఉపగ్రహం రోజుకు మూడుసార్లు పడమట ఉదయించి, తూర్పున అస్తమించుతూ ఉంటుంది. డేమోస్ వ్యాసం నిడివి 5 మైళ్లు మాత్రమే. అది అంగారకుడికి 14,600 మైళ్ల దూరాన ఉండి, 30 గంటల కొకపర్యాయం ఆ గ్రహాన్ని చుట్టివస్తూ ఉంటుంది.

## గురుడు

గ్రహాలన్నిటిలోకీ గురుగ్రహం పెద్దది. మిగిలిన గ్రహములన్నిటి బరువూ కలిసి గురువు బరువులో సగం ఉండదు. అది 9 గంటల 50 నిమిషాల కొకసారి తనచుట్టూ తాను తిరుగుతుంది. అది ఇంత వేగంగా పరిభ్రమించడంవల్ల దానినడుము ఉబికి ఉంటుంది. ధ్రువాలు కొంచెం నొక్కుకు పోయి ఉంటాయి.

టెలిస్కోపుతో చూసినప్పుడు గురుడిపైన అనేక వివరాలు కనిపిస్తాయి. దానిమధ్యరేఖకు సమాంతరంలో చాలా నల్లని చారలుంటాయి. ఒక్కొక్కప్పుడు దానిపైన ఒక ఎరుపు రంగు మచ్చకూడా కనిపిస్తుంది. వీటి ఆకారం ఒకప్పుడున్నట్టు మరొకప్పుడుండక పోవడంచేత ఈ గుర్తులు గురుగ్రహం ఉపరితలానికి చెందినవికావనీ, దాని వాతావర

ణానికి సంబంధించినవని భావిస్తున్నారు. ఈగుర్తులసాయం తోనే మనకు గురుగ్రహ పరిభ్రమణ కాలం తెలియవస్తున్నది. అయితే ఈగ్రహంలోని వివిధభాగాలు వివిధ వేగాలతో తిరుగుతున్నాయి. అందుచేత మనకు కనిపించేది గురుడి వాతావరణమేననడాని కేమీ సందేహం లేదు. గురుడి వాతా



పటము 11

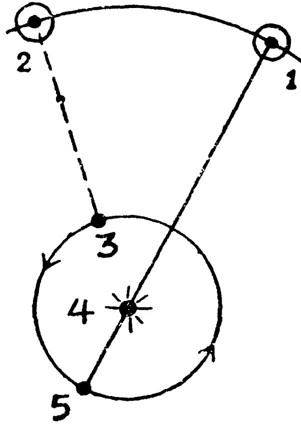
'గురుగ్రహం"

వరణం ఆ గ్రహానికి ఎగువగా 6,000 మైళ్ళ దాకా విస్తరించి ఉన్నదనీ, దానిలో అమోనియా, మిథేన్ లాటి విషవాయువు లున్నాయనీ నమ్ముతున్నారు. గురుడి సాంద్రత చాలా తక్కువ (1.34). దీనిని బట్టి ఆ గ్రహంలో అధికభాగం వాయువులే నని స్పష్టమవుతున్నది.

గురు, శని, యురేనస్, నెప్ట్యూన్ గ్రహాలు చాలా పెద్దవి. వాటి గురుత్వాకర్షణబలం చాలా హెచ్చు. వాయువులన్నిటిలోకీ తేలిక అయిన హైడ్రోజను మనలోకంలో విడిగా కనిపించక పోయినప్పటికీ, నీటి ($H_2O$)లో చేరి ఉండి పుష్కలంగా ఉన్నది. స్వతంత్రంగా ఉండిన హైడ్రోజను అణువులు భూమియొక్క ఆకర్షణనుంచి తప్పించుకొని పోయాయి. నైట్రోజను, ఆక్సిజను, కార్బన్ డై ఆక్సయిడ్ లలాటి బరువైన వాయువులే విడిగా లభిస్తున్నాయి. అయితే, పైన చెప్పిన నాలుగు భారీ గ్రహాలలోనూ గురుత్వాకర్షణ హెచ్చుగనుక, హైడ్రోజను అణువులు తప్పించుకు పోలేక పోయాయి. అవి నైట్రోజను పరమాణువులతో సంయోగంపొంది అమోనియా ($NH_3$) గానూ, కార్బను పరమాణువులతో చేరి మిథేన్ ($CH_4$) బందవాయువు (marsh gas) గానూ ఏర్పడతాయి. నెప్ట్యూన్, యురేనస్ గ్రహాలు సూర్యుడికి మరీదూరంగా ఉండడంచేత అక్కడి చలికి అమోనియా కరడుగడుతుంది. ఈ విషవాయువు

విస్తారంగాగల ఆ గ్రహాలలో ప్రాణులుండడం అనుమానాస్పదం.

గురుడికి పన్నెండు "చందమామ" లున్నాయి. వాటిలో గురుడికి సమీపంలో ఉండే నాలుగు చందమామలు బైనాక్యులర్స్‌తో చూసినా కనిపిస్తాయి. ఈనాలుగింటికి మాత్రమే పేర్లున్నాయి. 1610 నాటికే గలీలియో వీటిని కనిపెట్టాడు. ఇవి నాలుగూ గురుణ్ణి ఎంతకాలంలో చుట్టి వస్తాయో అంతకాలంలోనే తమచుట్టూ తాము తిరుగు




పటము 12

"కాంతియొక్క వేగం" : గురుడి నుంచి వచ్చే కాంతికిరణాల సాయంతో, రోమర్ అనే డేనిష్ శాస్త్రవేత్త కాంతివేగాన్ని కనుగొన్నాడు.

(1, 2 : గురుడు. 3, 5 : భూమి. 4 : సూర్యుడు).

తాయి; అంటే గురుడికేసి ఎప్పుడూ ఒకే "ముఖం" చూపుతాయి. ఇదికూడా వేలాఘర్షణ ఫలితమే.

అన్ని గ్రహాలు సూర్యుణ్ణిచుట్టేటప్పుడు పడమరనుంచి తూర్పుకు కదులుతాయి, అవి తమచుట్టూ తామతిరిగేది కూడా ఆ దిక్కుగానే. గురుడికి దూరంగా ఉండే మూడు ఉపగ్రహాలు (పట్టిక 4 లో 8*, 9*, 11* గుర్తుగలవి). దీనికి వ్యతిరేకమైన దిక్కులో, అంటే తూర్పునుంచి పడమరకు, గురుగ్రహంచుట్టూ తిరుగుతున్నాయి.

1675 లో రోమర్ అనే డేనిష్ శాస్త్రవేత్త గురుగ్రహ చందమామల సాయంతో కాంతి వేగాన్ని గుణించాడు. ఈ చందమామలు గురుగ్రహం చాటుకు వెళ్లినప్పుడు వాటికి "గ్రహణం" కలుగుతుంది. భూమికి గురుడు ఎక్కువదూరంలో (స్థానం 1 లో) ఉన్నప్పుడు ఈ గ్రహణాలు గుణించిన సరాసరి సమయంకన్న చాలా ఆలస్యంగా కలిగాయి. భూమి గురుడికి తక్కువదూరంలో (స్థానం 2లో) ఉన్నప్పుడు గుణించిన సరాసరి సమయంకన్న ముందుగా కలిగాయి. రోమర్ దీన్ని గురించి శ్రద్ధగా పరిశీలించిన మీదట దీనికి కారణం ఇలా చెప్పాడు: "గురుడు మొదటి స్థానంలో ఉన్నప్పుడు కాంతి హెచ్చుదూరం ప్రయాణించి భూమిని చేరాలి గనుక గ్రహణాలు ఆలస్యంగా కలిగినట్టు కనిపిస్తుంది". ఈ ఆలస్యం సుమారు 1,000 సెకండ్లు. గురుడి రెండుస్థానాలమధ్యగల దూరంలో తేడా

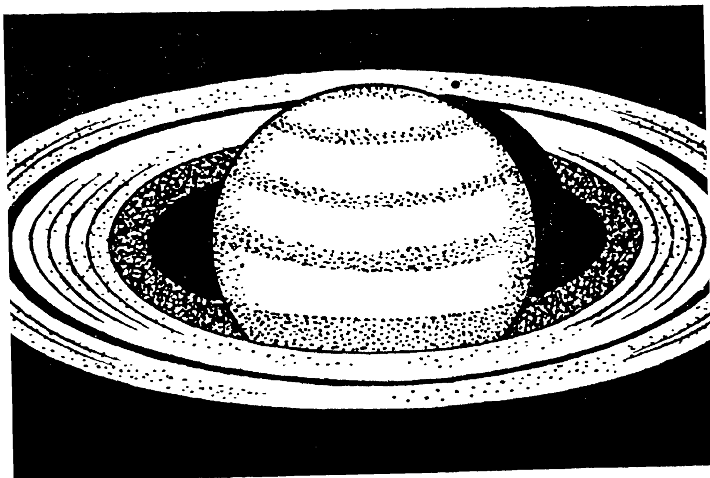
18,60,00,000 మైళ్ళు. అందుచేత కాంతివేగం సెకండుకు 1,86,000 మైళ్ళని తేలింది. ఈవేగాన్ని ఇతర విధాల గుణించగా ఇది సరిగానే ఉన్నట్లు రుజువయింది.

శని

భారతీయ జ్యోతిశ్శాస్త్రంలో శని నీచగ్రహం ; అది దురదృష్టదాయకమంటారు. కాని యూరపియనుల సంప్రదాయంప్రకారం ప్రపంచాన్ని శని పరిపాలించిన కాలం ''స్వర్ణయుగం''. కేరళ దేశంలో మహాబలి పాలించినప్పుడు ఉండిన స్వర్ణయుగానికి గుర్తుగా యేటేట ''ఓనమ్'' పండుగ చేసుకుంటారు. అలాగే ఇటలీలో శని ప్రభువు పరిపాలించిన నాటి స్వర్ణయుగానికి చిహ్నంగా డిసెంబరు మాసంలో ''శాటర్నేలియా'' ఉత్సవం జరిపేవారు. ఈ పండుగనే క్రీ. శ. అయిదవశతాబ్దిలో క్రైస్తవులు క్రిస్మస్ పండుగగా అవలంబించి, క్రీస్తు జననోత్సవం జరుపుతున్నారు.

సూర్యుడి నుంచి భూమికన్న పదింతలు దూరంలో ఉన్న శని ఒక కరుడుగట్టిన ప్రపంచం. ఈ గ్రహంయొక్క సాంద్రత 0·69 మాత్రమే, అంటే నీటి సాంద్రతకంటెకూడా తక్కువ. అయితే ఒక్కవిషయం గుర్తుంచుకోవాలి. దూరాన గల గ్రహాల వ్యాసాలను టెలిస్కోపుల సాయంతో కొలిచేటప్పుడు, వాటి మేఘాలు సూర్యకాంతిని బాగా ప్రతిఫలిస్తాయిగనుక, వాటి కొలతలలో మేఘాలుకూడా చేరి

పోతాయి. అసలు గ్రహం పరిమాణానికి మబ్బుల పరిమాణంకూడా కలుస్తుంది. కనుక సరాసరి సాంద్రత తగ్గి కనిపిస్తుంది. (బరువును పరిమాణంచేత భాగిస్తే సాంద్రత వస్తుంది.) పెద్దగ్రహాలన్నిటినీ చాలాఎత్తు దాకా వాతావరణం ఆవరించి ఉండడంచేత వాటి సాంద్రతలు చాలా తక్కువగా:—1.36, 1.34, 1.32, 0.69 గా—ఉంటాయి. శనిగ్రహంచుట్టూ విస్తృతమైన మేఘమండలం ఉండి ఉండాలి. అందుకే దాని సాంద్రత అంత తక్కువ.



పటము 13.
"శనిగ్రహం"

$10\frac{1}{4}$ గంటల కొకసారి శనిగ్రహం తనచుట్టూ తాను తిరుగుతుంది. పరిభ్రమణ వేగం ఇంత హెచ్చుగా ఉండడం చేత దీనికికూడా నడుము ఉబికీ, ధ్రువాలు నొక్కుకుపోయీ ఉంటయి. మధ్యరేఖ వెంబడీ, ధ్రువాలమధ్యా ఈ గ్రహం యొక్క వ్యాసాలలోగల వ్యత్యాసం 7,900 మైళ్లు. దీనిని బట్టికూడా ఈగ్రహాన్ని వాతావరణం దట్టంగా చుట్టి ఉన్న దని ఊహించవచ్చు. ఈవాతావరణంలో విస్తారంగాఉన్నవి అమోనియా, మిథేన్ వాయువులు. గురుడిలోలాగే శనిలో కూడా, మధ్యరేఖకు సమాంతరంలో వాతావరణం అనేక మండలాలుగా విభజించబడి ఉన్నది. అయితే శని గురుడి కన్న చాలా ఎక్కువదూరంలో ఉండడంచేత ఈ విభజన అంత స్ఫుటంగా తెలియరాదు. శనిగ్రహ వాతావరణానికి అడుగున పేరుకొన్న మంచుశిలలున్నాయనీ, వాటికి కూడా దిగువగా శిలామయమైన కేంద్రభాగం ఉన్నదనీ నమ్ముతున్నారు. అయితే ఇందులోని నిజానిజాలు ఆ గ్రహానికి ప్రయాణమైవెళ్లి, ప్రత్యక్షంగా చూస్తేనేగాని తెలియవు.

ఆకాశంలోని గ్రహాలన్నిటిలోకీ ఎక్కువ అందమైనది శనిగ్రహం. 4 అంగుళాల టెలిస్కోపుతో చూసినప్పటికీ, తన చుట్టూ ఉండే వలయాలతో శని అత్యంత ఆకర్షణీయంగా కనబడుతుంది.

1610 లో గలీలియో తన చిన్న టెలిస్కోపుతో శనిగ్రహంచుట్టూ ఉన్న వలయంలో రెండు భాగాలు

చూసి, అవి ఏమిటో ఊహించలేక ఆశ్చర్యపోయాడు. 1655 లో హైగెన్స అనే శాస్త్రవేత్త ఈ గ్రహాన్ని మరింత పెద్ద టెలిస్కోపుతో చూసి, అవి శనిగ్రహాన్ని చుట్టి ఉన్న వలయాలని నిశ్చయించాడు. ఈవలయం నిడివి 41,000 మైళ్లు. కాని దాని మందం 10 మైళ్లుమాత్రమే. ఈవలయంలో మూడుభాగాలున్నాయి, వాటినిడివి వరుసగా 4,500 మైళ్లూ, 16,000 మైళ్లూ, 16,500 మైళ్లూ. మొదటి భాగానికీ రెండోభాగానికీ మధ్య 1,000 మైళ్ల ఖాళీ ఉన్నది, రెండవ దానికీ మూడవదానికీ మధ్య 3,000 మైళ్ల ఖాళీ ఉన్నది. వలయమని పేరేగాని, ఇది ఘనపదార్థంతో కూడినదికాదు; చిన్న, పెద్ద నలుసులు తేనెటీగల తుంగడీలాగా గుమికూడి శనిగ్రహంచుట్టూ ప్రదక్షిణంచేస్తున్నాయి. అవి సూర్య కాంతిని ప్రతిఫలించడం చేత అవిచ్ఛిన్నమైన వలయంలాగా కనిపిస్తున్నాయి. అమెరికన్ శాస్త్రవేత్త కీలర్ (1895) స్పెక్ట్రోస్కోపు సాయంతో వలయంలోని లోపలిభాగం హెచ్చువేగంతో తిరుగుతున్నదనీ, వెలపలిభాగం తక్కువ వేగంతో తిరుగుతున్నదనీ చూపాడు. దీనినిబట్టి వలయాలు నలుసులతో కూడినవని స్పష్టమవుతున్నది.

ఈవలయాలు ఎలా ఉద్భవించాయి? కొన్ని కోట్ల ఏళ్లక్రితం ఒక "చందమామ" శనిగ్రహానికి చాలా సమీపంగావచ్చి, దాని గురుత్వాకర్షణ బలానికి ముక్కలు ముక్కలయిందనీ, ఈ ముక్కలన్నీ గ్రహంచుట్టూ తిరుగు

తున్నాయనీ శాస్త్రజ్ఞులు నమ్ముతున్నారు. ఒక ఉపగ్రహం తానుచుట్టివచ్చే గ్రహానికి ఒక నిర్దిష్టదూరంలోకి వచ్చినప్పుడది ఆ గ్రహంయొక్క గురుత్వాకర్షణకు పగిలి, నలుసులై పోతుందని 1850 లో రోష్ అనే శాస్త్రవేత్త నిరూపించాడు. దీనినే "రోష్ అవధి" అంటారు.* శని యొక్క వలయాలు రోష్ అవధిలోపల ఉండడం గమనించదగినది, మరే "చందమామ" ఈ అవధిలోపల లేదు.

శనికి తొమ్మిది చందమామలున్నాయి. వీటిలో చిట్టచివరిదైన "ఫీబి" వక్రగమనంగలది. గురుడి చందమామలలోకూడా చిట్టచివర ఉండేవి మూడూ వక్రగమనం గలవని లోగడ తెలుసుకున్నాం. "యాపెటస్" అనే మరొక చందమామ కాంతి శనిని చుట్టివచ్చేటప్పుడు ప్రతిచుట్టుకూ అయిదుమార్లు హెచ్చుతుంది; తగ్గుతుంది. దానిపక్కలలో

* రోష్ అవధి : ఒక గ్రహంయొక్క సాంద్రత 'P', దాని అర్థవ్యాసం 'r', దాని ఉపగ్రహంయొక్క సాంద్రత $\frac{1}{P}$ అయినట్టయితే, రోష్ అవధి $R = 2{\cdot}44\sqrt[3]{P}\,r.$ గ్రహం యొక్క కేంద్రానికీ ఉపగ్రహంయొక్క కేంద్రానికీ మధ్యగలదూరం ఇంతకు తగ్గినట్టయితే ఉపగ్రహం పగిలి ముక్కలు ముక్కలవుతుంది. ఉదాహరణకు : శనిగ్రహపదార్థసాంద్రతా, దాని ఉపగ్రహసాంద్రతా ఒకటే ననుకుంటే $R: 2{\cdot}44\ r = 91{,}500$ మైళ్లు. ఈ దూరంలోకి వచ్చిన గోళం పగిలి పోతుంది. శనివలయపు వెలుపలి అంచు శనియొక్క కేంద్రానికి 86,000 మైళ్లదూరాన ఉన్నది.

ఒకటి సూర్యకాంతిని రెండవపక్కకంటె హెచ్చుగా ప్రతి ఫలిస్తుంది. దీనికి కారణం తెలియదు. శనియొక్క ఉప గ్రహాలన్నిటిలోకీ పెద్దదైన "టైటన్"లో వాయువు ఉన్నట్టు 1944 లో కైపర్ అనే శాస్త్రవేత్త కనిపెట్టాడు. దాని వాతావరణంలో మిథేన్ ఉన్నట్టు స్పెక్ట్రోస్కోపులో తెలియవచ్చింది. "టైటన్" బరువు మనచంద్రుడి బరువు కన్న 1.92 రెట్లుండడంచేతనూ, దాని ఉపరిభాగాన అమిత మైన చలి ఉండడంచేతనూ దానిపై మిథేన్ వాయువు నిలిచింది. సౌరకూటంలో మరే ఉపగ్రహంపైన వాతా వరణం ఉన్నట్టు తెలియడంలేదు.

•

## యురేనస్

యురేనస్ మనకంటికి మందకాంతిగల నక్షత్రంలాగా కన బడుతుంది. అందువల్లనే, ప్రాచీనశాస్త్రవేత్తలకు అదిగ్రహ మని తెలియదు. శని చిట్ట చివరిగ్రహమని వారనుకున్నారు. 1781 మార్చి 13 న బ్రిటిషు శాస్త్రవేత్త సర్ విలియమ్ హెర్షల్ తన 7 అంగుళాల టెలిస్కోపుతో మిథున రాశి లోని నక్షత్రాలను పరిశీలిస్తున్నాడు. వాటిలో ఒకటి చిన్న బిళ్ల ఆకారంలో కనిపించింది. టెలిస్కోపులో నక్షత్రాల కాంతి హెచ్చుగా కనిపిస్తుందేగాని వాటి ఆకృతి ఎన్నడూ కనిపించదు. అందుచేత అది తోకచుక్క అయివుంటుందను కుని హెర్షల్ దాని స్థానాన్ని ప్రతిదినం గమనించసాగాడు.

ఒక ఏడాదిపాటు నక్షత్రాలమధ్యగా అది నడిచేమార్గాన్ని బట్టి గుణించగా అది గ్రహమని తేలింది. అది సూర్యుడికి శనికన్న రెట్టింపుదూరంలో ఉండి వృత్తాకారంగల కక్ష్యలో సూర్యుణ్ణి చుట్టి వస్తున్నది. ఆయన ఆ గ్రహానికి తమ రాజైన "జార్జ్ సైటస్" పేరు పెట్టాడు. యూరపులోని శాస్త్రవేత్తలు దానిని "హెర్షల్" అని పిలిచారు. చిట్ట చివరకు, జర్మను శాస్త్రవేత్త బోడే సూచనను అనుసరించి దానికి "యురేనస్" అని పేరుపెట్టారు. అదే స్థిరపడి పోయింది.

యురేనస్ గ్రహమేనని రూఢి అయిన పిమ్మట, లోగడ శాస్త్రవేత్తలు, అది గ్రహమని తెలియకుండానే, దానిని గురించి పరిశీలనలు జరిపినట్లు పాతరికార్డులలో బయటపడింది. అయితే దరిమిలా యురేనస్ కక్ష్య ఆధారంతో నెప్ట్యూన్ గ్రహాన్ని కనిపెట్టడానికి ఈ పాత రికార్డులు ఎంతో ఉపకరించాయి.

యురేనస్ అతిదూరంగా ఉండడంవల్ల దానిపై భాగాన ఉండే వివరాలేవీ మనం చూడలేం. అందుచేత దాని పరిభ్రమణకాలాన్ని స్పెక్ట్రోస్కోపు సాయంతో మాత్రమే తెలుసుకోవలసివచ్చింది. అది పదిమ్మూడున్నర గంటలు. అక్కడ అత్యంతశీతలం గనుక వాతావరణంలోని అమోనియా యావత్తూ కరుడుగట్టిపోయింది, మిథేన్ మాత్రమే వాయురూపంలో ఉన్నది.

యురేనస్‌కు అయిదు చందమామలున్నాయి. ఇవన్నీ కూడా, యురేనస్ సూర్యుణ్ణి చుట్టివచ్చే కక్ష్యకు లంబంలో ఉండే సమతలంలో పరిభ్రమిస్తున్నాయి! మిగిలిన గ్రహాలకు గల ఉపగ్రహాలన్నీ ఇంచుమించు గ్రహంయొక్క కక్ష్య లోనే తిరుగుతూంటాయి.

## నెప్ట్యూన్

నెప్ట్యూన్ కనుగొనబడిన పద్ధతి చాలా చిత్ర మైనది. టెలిస్కోపులో దానిని చూడడానికి చాలాముందు గానే ఇద్దరు శాస్త్రజ్ఞులు అది ఉండదగిన స్థానాన్నీ, దాని పరిమాణాన్నీ కచ్చితంగా గుణించారు. లెక్క ప్రకారం ఉండవలసిన చోట టెలిస్కోపుతో చూడగా నెప్ట్యూన్ అక్కడ కనబడనే కనబడింది!

యురేనస్ కక్ష్యను గమనిస్తూ ఉండిన శాస్త్ర వేత్తలు దాని గమనం నిర్దిష్టంగా లేకపోవడం చూసి కలవర పడ్డారు. కొన్ని సంవత్సరాలపాటు అది ఉండవలసిన దాని కన్న ముందుకనపడింది. 1822 అనంతరం అది ఉండవలసిన దానికన్న వెనుకపడింది. దీనినిబట్టి, మరొకగ్రహమేదో యురేనస్‌ను ఆకర్షిస్తూన్నదని నిర్ణయించారు. ఈ కొత్త గ్రహంయొక్క స్థానాన్ని గుణించడానికి ఇద్దరు యువ శాస్త్రజ్ఞులు పూనుకున్నారు. జాన్ కౌచ్ ఆడమ్స్ అనే కేంబ్రిజ్ శాస్త్రవేత్త ముందుగా తన లెక్క పూర్తిచేసి,

1845 సెప్టెంబరులో దానిని బ్రిటిషు నక్షత్రవేత్త అయిన ఏరీకి పంపుతూ, కొత్తగ్రహాన్ని ఫలానిచోట వెతకవలసిందని అర్థించాడు. అయితే ఏరీ వెంటనే అతని లెక్కలు ఆమోదించలేదు.

లి వెరియర్ అనే ఫ్రెంచి శాస్త్రవేత్త 1846 వేసవిలో తన లెక్కను పూర్తిచేసి, బెర్లిన్‌లో ఉండే తన మిత్రుడైన గాలే అనే శాస్త్రవేత్తకుపంపుతూ, తానుగుణించినప్రకారం ఫలానాచోట ఆకాశాన్ని వెతికినట్టయితే కొత్తగ్రహం కనిపించవచ్చునని ఉత్తరం రాశాడు. ఈ ఉత్తరం గాలేకు 1846 సెప్టెంబరు 23 న అందింది. ఆరాత్రే ఆయన టెలిస్కోపుతో నిర్దేశించిన ఆకాశభాగాన్ని పరిశీలించి, గుణించిన స్థానానికి ఒక్కడిగ్రీ ఎడంగా కొత్తగ్రహాన్నిచూశాడు. ఇంగ్లీషుశాస్త్రవేత్త గుణించిన ప్రకారం కూడా అది ఉండవలసినస్థానం అదే, అయితే అక్కడ దానికోసం ఎవరూ వెతికిన పాపాన పోలేదు.

నెప్ట్యూన్ ఉపరితలం గురించి వివరాలేమీ తెలియవు. దాని సరాసరి సాంద్రత చాలాతక్కువ (1·27.). అందుచేత మనకు కనిపించే దాని పరిమాణంలో హెచ్చుభాగం వాయువులు కావచ్చు. స్పెక్ట్రోస్కోపు సాయంతో, దాని వాతావరణంలో మిథేన్ ముఖ్యమైనదనీ, ఈ గ్రహం 16 గంటలకొకసారి తనచుట్టూతాను తిరుగుతుందనీ కని

పెట్టారు. దీనిచుట్టూ రెండు చందమామలు తిరుగు తున్నాయి. ఇది టెలిస్కోపుసహాయంతో. మాత్రమే చూడ వీలవుతుంది.

## ప్లూటో

సౌరకూటంలోని కట్టకడపటి గ్రహమైన ప్లూటోను కూడా, ఇంచుమించు నెప్ట్యూనును కనిపెట్టినట్టుగానే కని పెట్టారనవచ్చు. యురేనస్, నెప్ట్యూన్ గమనాలలో కొన్ని అవకతవకలు కనిపించాయి. ఈఅవకతవకలు మరొకగ్రహం మూలాన కలుగుతున్నాయని ఊహించి, పెర్సివల్ లవల్, పికరింగ్ లిద్దరూ 1915 లో గణితరీత్యా ఈగ్రహం ఉండే స్థానాన్ని నిర్ణయించారు. కాని వారు ఆప్రాంతాన్ని ఎంత శ్రద్ధగా అన్వేషించినప్పటికీ గ్రహం కనిపించలేదు. 1916లో లవల్ మరణానంతరం పదమూడేళ్లపాటు ఈ గ్రహంకొరకు అన్వేషణ జరుగలేదు. తిరిగి 1929 లో పెర్సివల్ అబ్జర్వేట రీలో ఈగ్రహంకొరకు అన్వేషణ ఆరంభమయింది. 1930 ఫిబ్రవరి 18 న సి. డబ్ల్యు. టాంబో, మిథునరాశి నక్షత్రా లకు తాను తీసిన ఫొటోలో లవల్ సూచించిన స్థానానికి 6 డిగ్రీలు పెడగా ఈగ్రహాన్ని గమనించాడు. ఈ ఫొటోను లోగడ తీసిన ఫొటోలతో పోల్చిచూసి, అది గ్రహమేనని నిర్ధారణచేసుకున్న తరువాత, మార్చి 13 న కొత్తగ్రహం కనిపెట్టబడినట్టు ప్రకటన జరిగింది. మార్చి 13 లవల్ జన్మ

దినం. అదేరోజున (1781 లో) హెర్షల్ యురేనస్‌ను కనిపెట్టాడన్న సంగతి గుర్తుంచుకోవాలి!

ప్లూటో అంతులేనిదూరాన ఉండడంచేతా, అది చిన్నగ్రహంకావడంచేతా, దానిని టెలిస్కోపుతో చూడడంకూడా కష్టమే. 1950 మార్చిలో, 200 అంగుళాల టెలిస్కోప్ సాయంతో కైపర్ (Kuiper) ప్లూటో వ్యాసం నిడివి 3,600 మైళ్లని కనిపెట్టాడు. దాని బరువు ఉజ్జాయింపున భూమిబరువులో పదోవంతు. దానికి ఉపగ్రహమేదైనా ఉన్నదీ లేనిదీ ఇప్పటికింకా తెలియదు. సూర్యుడి నుంచి దాని సరాసరి దూరం 367 కోట్ల మైళ్లు. అయితే దాని కక్ష్య అతి దీర్ఘవృత్తంకావడంచేత దానిదూరం 276 కోట్ల నుంచి 459 కోట్ల మైళ్లకు మారుతూ ఉంటుంది. అది సూర్యుణ్ణి ఒక్కసారి చుట్టిరావడానికి 248½ సంవత్సరాలు పడుతుంది.

ప్లూటోకు అవతల ఇంకేమైనా గ్రహాలున్నాయేమో ఇంకా తెలియదు. అయితే తోకచుక్కలూ, ఉల్కలూ ఇంతకన్న హెచ్చుదూరాలలో సూర్యుడిచుట్టూ తిరుగుతూన్నమాట ఖాయం. ఇవన్నీగాక, గురు అంగారకగ్రహ కక్ష్యల మధ్యగా గ్రహసముదాయం ఒకటి సూర్యుడిచుట్టూ తిరుగుతున్నది. వీటినిగురించి సంగ్రహంగా తెలుసుకుందాం.

# 4. అల్పగ్రహాలూ, తోకచుక్కలూ, ఉల్కలూ

.............................................................

## అల్పగ్రహాలు (Asteroids)

బోడే సిద్ధాంతం ప్రకారం అంగారకుడికీ, గురుడికీ మధ్య ఒకగ్రహం ఉండి ఉండాలి. ఈ విషయం తెలుసుకునేటందుకు యూరపులోని నక్షత్రవేత్తలు టెలిస్కోపులతో ఆకాశంలో కొన్నిప్రాంతాలను ఒక నిర్దిష్టమైన దూరంలో గాలించారు. పందొమ్మిదవశతాబ్ది తొలిరోజున, అంటే 1801 జనవరి 1 న, సిసిలిలోని పాలెర్మో నగరవాసి అయిన పియాజీ అనే నక్షత్రవేత్త, అనుకున్న దూరంలో ఒక నక్షత్రంలాటి దాన్ని కనిపెట్టాడు. అయితే అది ఇతరనక్షత్రాలలాగా కాక ఫొటోలో కొంచెంగా కదిలింది. ఆయన దానిని ఆరువారాలపాటు గమనించి, తరువాత జబ్బు చేయడంవల్ల గమనించలేక పోయాడు. జబ్బు నయమైనాక

అది ఆయనకు తిరిగి కనిపించలేదు. అయితే ఆయన దాని స్థానాలనుగురించి వ్రాసుకున్న వివరాలనుబట్టి ప్రఖ్యాత గణితవేత్త గాస్ అనే ఆయన దానికక్ష్యను గుణించి, అది ఒక గ్రహమనీ, అంగారక గురుల మధ్యగా అది సూర్యుణ్ణి చుట్టి వస్తున్నదనీ కనిపెట్టాడు. మరొకసంవత్సరం గడిచాక ఆయన చెప్పినకక్ష్యలోనే అదేగ్రహం తిరిగి కనబడింది. దానికి "సెరేస్" అని పేరుపెట్టారు, దానివ్యాసం 480 మైళ్ళని తేలా్చరు.

అంత చిన్నగ్రహం సూర్యుడిచుట్టూ తిరుగుతున్నట్టు తెలియగానే ఆప్రాంతాలను అనేకమంది టెలిస్కోపులతో వెతికారు. మరొకసంవత్సరంలోపుగా మరొక అల్పగ్రహం "పల్లాస్" (304 మైళ్ళు) కనుగొనబడింది. 1804 లో "జూనో" (120 మైళ్ళు), 1807 లో "వెస్టా" (240 మైళ్ళు) కనిపెట్టబడ్డాయి. తరువాత 38 ఏళ్ళపాటు ఏమీ కనిపెట్టబడలేదు. తిరిగి 1845 లో హెన్కే అయిదవ అల్పగ్రహాన్ని కనిపెట్టాడు. అది మొదలు ఏటా కొత్త అల్పగ్రహాలు బయటపడుతూనే ఉన్నాయి.

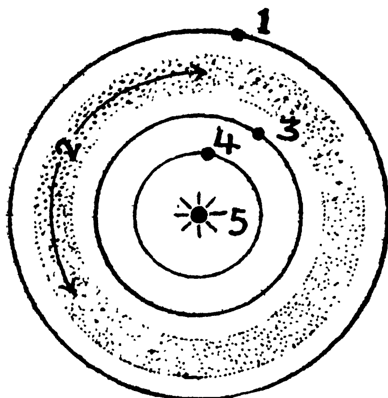
ఇప్పటికి 2,000 కు పైగా అల్పగ్రహాలు కనిపెట్టబడ్డాయి. ఆకాశంలో లక్షకుమించిన అల్పగ్రహాలుండవచ్చునని, వాటిలో సుమారు 500 అల్పగ్రహాలు మాత్రమే 30 మైళ్ళకు మించినవ్యాసం కలిగి ఉంటాయనీ అంచనావేస్తు

న్నారు. కనుక వాటన్నిటి మొత్తంబరువు భూమియొక్క బరువులో 640 వ వంతుకన్న తక్కువ ఉంటుంది.*

ఈ అల్పగ్రహాలన్నిటి కక్ష్యలూ వర్తులాకారంగలవి కావు. "ఇరోస్" అనే అల్పగ్రహంయొక్క కక్ష్య అంగారకుడి కక్ష్యలోపలికి ప్రవేశిస్తున్నట్టు మొట్టమొదట కనుగొనబడింది. అటుతరువాత "అపొలో", "అడోనిస్", "హెర్మిస్" అనేవి భూమియొక్క కక్ష్యనూ, శుక్రుడి కక్ష్యనూ అధిగమించి సూర్యుణ్ణి సమీపిస్తూ తిరుగుతున్నట్టు స్పష్టమయింది. 1949 లో వాల్టర్ బాడే అనే నక్షత్రవేత్త, "ఇకారస్" అనే అల్పగ్రహం బుధుడికక్ష్యనుకూడా అధిగమించి సూర్యుడికి 210 లక్షల మైళ్ల దూరంలోకి వెళుతున్నట్టు కనిపెట్టాడు. అయితే భూమి కక్ష్యా, ఇకారస్ కక్ష్యా ఒకదానికొకటి ఏటవాలుగా ఉండడంచేత ఆ అల్పగ్రహం భూమికి 46 లక్షలమైళ్లకంటె తక్కువదూరంలోకి రాలేదు. ఈరెండు కక్ష్యలూ ఒకదాన్నొకటి స్పృశించడమే జరిగితే, ఎప్పుడో ఆకస్మికంగా ఒక మహాపర్వతం లాటిది ఆకాశంలోనుంచి వచ్చి భూమిని ఢీకొని, అపారమైన నష్టాన్ని కలగజేస్తుంది. ఆతాకిడికి భూమి రెండు,

* సగటు వ్యాసం 20 మైళ్లు అనుకుంటే;—భూమి వ్యాసంలో 400 వ వంతు - ఈ అల్పగ్రహాల సాంద్రతకూడా ఇంచుమించు భూమి సాంద్రతతో సమానంగానే ఉన్నదనుకుంటే,

వాటి బరువు, $1,00,000 \times (\frac{1}{400})^3 = (\frac{1}{640})$.




పటము 14

1. గురుడు, 2. అల్పగ్రహాలకక్ష్య; 3. అంగారకుడు; 4. భూమి; 5. సూర్యుడు.

"అల్పగ్రహాల కక్ష్యలు" : అనేక అల్పగ్రహాలు దీర్ఘవృత్తాకారంగల కక్ష్యలలో తిరుగుతున్నాయి. వాటి కక్ష్యలు అంగారక, భూమి, శుక్ర కక్ష్యలను అధిగమించి సూర్యుడికి దగ్గరగా పోతాయి.

మూడు ముక్కలుగా బద్దలైనా కావచ్చు. అయితే ఏ అల్పగ్రహంయొక్క కక్ష్యా భూమియొక్క కక్ష్యను ఎన్నడూ స్పృశించి ఉండలేదు. మనకు తెలిసినంతవరకు భూమికి చాలా సన్నిహితంగా రాగలిగిన అల్పగ్రహం హెర్మిస్ ఒక్కటే. 1937 లో అది భూమికి 4,85,000 మైళ్ల ఎడంలో మాత్రమే దాటి వెళ్లింది. అది అంతకంటె

దగ్గిరిగా రాదని ఆశించుదాం, నిజంగా రాగలిగిందో, ప్రమాదమే!

మనకు ఇరోస్ కక్ష్య కచ్చితంగా తెలుసును. ఇది భూమికి చాలా సమీపంలోకి (140 లక్షల మైళ్ళ దూరానికి) వస్తుంది గనుక, ఈ అల్పగ్రహం సాయంతో భూమికీ, సూర్యుడికీ మధ్యఉండే దూరాన్ని గుణించడం సాధ్యం. 1931 లో ఇది భూమికి అతిసమీపంగా వచ్చినప్పుడు, హెరాల్డ్ స్పెన్సర్ జోన్స్, 14 దేశాలలోగల 20 అబ్జర్వేటరీలూ చేరి దానిస్థానాలకు 2,847 ఫొటోలు తీయడం జరిగింది. రాత్రిపొడుగునా భూమి తిరుగుతుంది (కామెరా కూడా తిరుగుతుంది) కనుక, అందువల్ల కలిగే ఇరోస్ యొక్క స్థానచలనాన్ని పురస్కరించుకుని ఇరోస్ ఉండే దూరమూ, సూర్యుడుండే దూరమూకూడా గుణించబడ్డాయి. 1896 నాటి పారిస్ సమావేశంలో ఆమోదించబడిన సూర్యుడిదూరం 928·27 లక్షలమైళ్లు, ఈ లెక్కలను బట్టి 930.03 లక్షలమైళ్లుగా సవరణచేయబడింది.

ఈ అల్పగ్రహాలెలా సంభవించాయి?

ఈ ప్రశ్నకు నిష్కర్ష అయిన సమాధానం లభించలేదు. అనేకసమాధానా లివ్వబడినప్పటికీ ప్రతి సమాధానంలోనూ ఏదో ఒకలోపం ఉన్నది. అంగారక గురు గ్రహాల మధ్య ఉండిన ఒకగ్రహం పగిలిపోయి ఉండవచ్చుననీ, అల్పగ్రహాలు దాని తాలూకు శకలాలు కావచ్చుననీ హెన్రిక్

ఓల్ఫర్స్ (Henric Olfers) భావించాడు. ఈ అల్పగ్రహాలు ఒకప్పుడు సూర్యకాంతిని హెచ్చుగానూ, ఒకప్పుడు తక్కువగానూ ప్రతిఫలించడంచేత ఇవి పగిలిన ముక్కలుగా పరిగణించబడుతున్నాయి. కాని అల్పగ్రహాల కక్ష్యలను బట్టి చూసినట్లయితే అవి ఒకేచోట, ఒకేసమయంలో ఉద్భవించి ఉండడం సాధ్యంకాదని నికాల్సన్ అభిప్రాయం. సౌరకూటానికి చెందిన గ్రహాల పుట్టుక ఈనాటికికూడా తీరని సమస్యగానే ఉన్నది. ఒకవేళ ఈ రెండుసమస్యలకూ సంబంధం ఉన్నదేమో!

## తోకచుక్కలు

ప్రాచీనకాలంలోకూడా తోకచుక్కలు కనిపించడం భయాందోళనలు కలిగించేది. కొన్ని తోకచుక్కలు కనిపించినప్పుడు ప్రపంచంలో కొన్ని ప్రముఖసంఘటనలు జరిగాయి. ఉదాహరణకు, క్రీ. శ. 66 లో, కాంతిమంతమైన ''హాలీ'' తోకచుక్క కనిపించినప్పుడు రోమనులు జరుసలేమునగరాన్ని విధ్వంసంచేశారు. మరొకసారి అది 1066 లో కనిపించినప్పుడు నార్మండీ ప్రభువు ఇంగ్లండును జయించడానికి అది సూచనగా భావించబడింది. 1665 లో లండనునగరంలో ప్లేగు వ్యాపించి, అనేకమంది మరణించినప్పుడు కాంతిమంతమైన తోకచుక్కకనిపించిందని డేనియల్ డిఫో అన్నాడు. లండనులో గొప్ప అగ్నిప్రమాదం

కలిగేముందుకూడా తోకచుక్క కనిపించిందిట. 1811 లో (ఇంకొక ఏడాదికి నెపోలియన్ రష్యాపై దాడి వెళతా డనగా) ఆకాశంలో అతి దీర్ఘమైన తోకగల తోకచుక్క కనిపించి, ప్రపంచాన్నంతనూ అలజడి పెట్టింది. రష్యాపై నెపోలియన్ దాడి సర్వనాశనమైనమాట వాస్తవమే. 1910 లో "హాలీ" తోకచుక్క మళ్లీ కనిపించినప్పుడు, ఇంగ్లండు రాజైన ఏడవ ఎడ్వర్డు చనిపోయాడు. అయితే ఈమాటకూడా చెప్పుకోవాలి— రెండు ప్రపంచయుద్ధాలు జరిగినప్పుడూ, భయంకరమైన భూకంపాలవల్ల విధ్వంసం జరిగినప్పుడూ, వరదలువచ్చి వినాశనం కలిగించినప్పుడూ తోకచుక్కలు కనిపించలేదు.

గ్రహాలలాగే తోకచుక్కలుకూడా సౌరకూటానికి చెందినవి. అయితే వాటికక్ష్యలు వేరు. గ్రహాలకక్ష్యలు వేరు. సామాన్యంగా తోకచుక్కలు సూర్యుణ్ణి చాలా దగ్గరగా సమీపించి తిరిగి ఎంతోదూరానికి వెళ్లిపోతాయి. కొన్ని తోకచుక్కలు సూర్యుణ్ణి ఒక్కసారి చుట్టిరావడానికి ఎన్నో శతాబ్దాలు పడుతుంది. అది అలా ఉంచి, తోకచుక్కలలో దాదాపు సగం సూర్యుణ్ణి చుట్టేటప్పుడు పడమరనుంచి తూర్పుకు పోతాయి, మిగిలినవి తూర్పునుంచి పడమరకు పోతాయి.

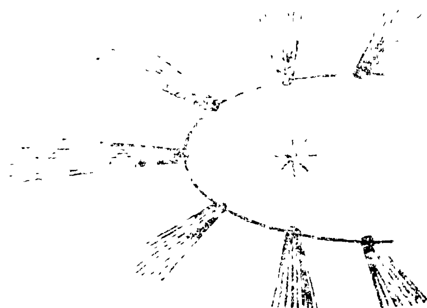
తోకచుక్క వెంట ఉండే తోక చూడడానికి భీక రంగా ఉంటుంది, కాని వాస్తవంగా నిరపాయమైనది. తోక

చుక్కలో మూడుభాగాలున్నాయి. దానితల, లేక కేంద్రకం అసంఖ్యాకమైన చిన్ననలుసులతో కూడినది. ఈతల చుట్టూ పొగలాంటి పదార్థం ఉంటుంది. టెలిస్కోపులో తోకచుక్క కనిపించడానికి తోడ్పడేది ఈ పొగలాంటి పదార్థమే. సూర్యుడి వేడివల్ల తోకచుక్కతలలో ఉండే వాయువులు వెలువరించబడతాయి. తోకచుక్క తలచుట్టూఉండే ద్రవ్యంలో కార్బన్ డై ఆక్సైయిడ్, సయనజన్ వగైరా వాయువులున్నట్టు స్పెక్ట్రోస్కోపుల సహాయంతో కనిపెట్టారు. తోకచుక్క సూర్యుణ్ణి సమీపించినప్పుడు సోడియం, ఇనుము, నికెల్ లోహవాయువులుకూడా అందులో కనిపిస్తాయి.

సూర్యకిరణాల పీడనంవల్ల ఈ వాయువులూ, నలుసులూ, ధూళీ తోకచుక్కనుంచి సూర్యుడికి ఎదురు దిక్కుగా నెట్టివేయబడతాయి. ఇవే తోకలాగా కనిపిస్తాయి. తోకచుక్క సూర్యుడికి దగ్గిర అవుతున్న కొద్దీ పీడనంహెచ్చి తోకనిడివి పెరుగుతుంది. తోక ఎప్పుడూ సూర్యుడికి ఎదురుదిక్కుగానే ఉంటుంది. ఒక్కొక్కప్పుడు తోకనిడివి కొన్ని కోట్ల మైళ్ళుంటుంది. అయితే తోకలోని నలుసుల సాంద్రత చాలాతక్కువ గనుక అవి నక్షత్రాలనుకూడా కనపడకుండా చెయ్యలేవు. 1910 లో "హేలీ" తోకచుక్కయొక్క తోకలోంచి భూమి వెళ్లినప్పుడు, భూమి కేదో ప్రమాదం కలుగుతుందని కొంద

రనుకున్నారు. కాని ఏమీ జరగలేదు; జరగదు కూడాను. తోకచుక్క గ్రహానికి సమీపంగా వచ్చినందువల్ల గ్రహం యొక్క గమనంలో ఎలాంటి మార్పూ రాదు. మారితే తోకచుక్క గమనం మారవచ్చు. తోకచుక్క భారీ గ్రహానికి సమీపంగా వెళ్ళినప్పుడు దాని గమనం పూర్తిగా మారుతుంది. గురుడి చంద్రమానాలు మొదట తోకచుక్కలనీ, ఆ గ్రహం వాటిని ఆకర్షించుకున్నదనీ కొందరి విశ్వాసం.

తోకచుక్క బరువంతా దానితలలోనే కేంద్రీకృతమై ఉంటుంది. అది ఒక ఉపగ్రహం బరువుకు సమం కావచ్చు. అయితే దాని పరిమాణం ఎప్పుడూ ఒకటిగా ఉండదు. అది సూర్యుణ్ణి సమీపించినప్పుడు దాని వ్యాసం నిజంగా తగ్గుతుంది. [illegible] 1909 సెప్టెంబరు 12 న



పటము 15

“తోకచుక్క తోక” : సూర్యుడికి దగ్గర అయినకొద్దీ తోక దీర్ఘమవుతుంది.

"హాలీ" తోకచుక్క కనిపించినప్పుడు దానితల వ్యాసం 6,000 మైళ్లున్నట్టులెక్క తేల్చారు; డిసెంబరు 13 న 5,600 మైళ్లుమాత్రమే ఉన్నది; 1910 ఫిబ్రవరి 4 న 5,500 మైళ్లు; మే 9 న 1,000 మైళ్లు; మే 22 న 300 మైళ్లు మాత్రమే ఉంది. సూర్యుడి వేడికి దాని తల వేడెక్కి, దానినుంచి వాయువులు వెలువడుతాయి, అందుచేత దానిపరిమాణం తగ్గిపోతుంది. అందుచేతనే దానిచుట్టూ ఉండే పొగ విభాగం వ్యాకోచంపొందుతుంది. సెప్టెంబరు 13 న, 13,000 మైళ్లుండిన ఈ విభాగంయొక్క వ్యాసం డిసెంబరు 14 నాటికి 2,20,000 మైళ్లకు పెరిగింది. తలయొక్క ప్రమాణం 300 మైళ్లుమాత్రమే ఉండినప్పుడు దాని సాంద్రత అత్యధికంగా ఉంది, కాని అప్పుడుకూడా అది 0.2 కంటె తక్కువే.

తోకచుక్క కక్ష్యను గుణించాలంటే రెండు, మూడు రోజులపాటు దాని గమనాన్ని గమనించాలి. ఇలా చేసినట్టయితే, గాస్ వివరించిన పద్ధతిలో దాని పూర్తికక్ష్యను గుణించవచ్చు. కొన్నిరోజులుపట్టే ఈ గణనం ఆధునికగణకయంత్రాల సాయంతో కొద్దిగంటలలో పూర్తి అవుతుంది. గుణించి తెలుసుకున్న కక్ష్య సరిగా ఉన్నదీ లేనిదీ తోకచుక్కను ప్రత్యక్షంగా పరిశీలించి తెలుసుకోవచ్చు. తోకచుక్కల ప్రదక్షిణకాలం (తమకక్ష్యలో ఒకచుట్టు తిరిగి వచ్చేకాలం) కొద్దిసంవత్సరాలు లగాయతు అనేకవందల

వేళ్ల దాకా ఉంటుంది. "హాలీ" తోకచుక్క క్రీ. పూ. 240 నుంచి 76 ఏళ్ల కొకసారి సక్రమంగా కనిపిస్తూవస్తున్నది.

తోకచుక్క లెలా పుట్టేదీ ఇప్పటికీ తెలియదు. అవి గురుడు, శని లాటి భారీగ్రహాలనుంచిగాని, సూర్యుడినుంచే గాని వెలువడి ఉండవచ్చునని ఒక సూచన చేయబడింది. వాటి కక్ష్యలు అంత దీర్ఘంగా ఎందుకున్నాయో, అవి ఏట వాలుగా ఎందుకున్నాయో వివరిస్తేతప్ప ఈ సూచనలు ఆమోదకరం కావు.

ఉల్కలు

ఆకాశంనుంచి నక్షత్రాలు రాలుతున్నట్లు కనిపించే దృశ్యాలు మనమందరమూ చూసి ఉన్నాం. కాని అవి నక్షత్రాలు కావు. అవి ఇసుకనుపోలిన నలుసులు. అవి అతి వేగంగా గాలిపొరలో ప్రవేశించి, గాలిరాపిడికి అమితంగా వేడెక్కి ద్రవించడంచేత ఉల్కలుగా మనకు కనిపిస్తాయి. అవి అంతరిక్షంనుంచి వచ్చే పదార్థాలని 1833 లోనే తెలియవచ్చింది. ఆ యేడు నవంబరు 12 న అమెరికాలో ఉల్కలు పెద్దజల్లుగా కనిపించాయి. వివిధప్రాంతాలనుంచి వాటిని గమనించినవారందరికీ కూడా అవి సింహరాశినుంచి వచ్చినట్టే కనిపించాయి. అవి మనవాతావరణంనుంచే వచ్చి నట్టయితే వేరువేరు ప్రాంతాలనుంచి చూసేవారికి వేరువేరు

ప్రాంతాలనుంచి వచ్చినట్టు కనబడిఉండాలి. ప్రతిసంవత్సరం నవంబరులో ఉల్కాలు జల్లుగా పడతాయి. ఆ జల్లు ఒకప్పుడు పెద్దదిగానూ, ఒకప్పుడు చిన్నదిగానూ ఉంటుంది. అదే ఆగస్టు నెలలో ఈ జల్లు "పెర్సియస్" రాశినుంచి వస్తుంది. ఈ ఉల్కాలకూ, తోకచుక్కల కక్ష్యలకూ సంబంధం ఉన్నట్టు ఇప్పుడు మనకు తెలుసు. తోకచుక్కలు ప్రయాణించే దారిపొడుగునా అసంఖ్యాకమైన నలుసులూ, ధూళీ దిగబడిపోతాయి. తన కక్ష్యలో తిరుగుతూ భూమి ఈ నలుసులమధ్యకూ, ధూళిమధ్యకూ ప్రవేశించినప్పుడు అవి గాలితో ఘర్షణపొంది మండుతాయి. అదే మనకు ఉల్కా వర్షంలాగా కనపడుతుంది.

ఉల్కాలు సాధారణంగా గాలిలో 60 లేక 70 మైళ్ళ ఎత్తున మండిపోతాయి. ఒక్కొక్కప్పుడు పెద్ద ఉల్కా గాలిలో పూర్తిగా మండిపోక, భూమిపైన పడడం కూడా తటస్థించవచ్చు. ఇలాపడేటప్పుడు అవి పేలి చిన్నచిన్న తుంపులైపోతాయి. వాటిని ఉల్కాశిలలు (meteorites) అంటారు. మనకు నేలపైన చిన్నవో, పెద్దవో ఉల్కాశిలలు కనిపించి ఉండవచ్చు. ఇవి "దివి నుండి భువికి" వచ్చిపడినవి. వాటిని విశ్లేషించి చూడగా వాటిలో భూమిమీద ఉండే ఇనుమూ, నికెల్, కాల్షియం, మగ్నీషియంలాటి లోహాలే కనిపించాయి. ఉత్తరధ్రువాన్ని కనిపెట్టిన రాబర్ట్ పియరీ 1897 లో గ్రీన్లాండు నుంచి మూడు పెద్ద ఉల్కాశిలలు

తెచ్చాడు. ఈ మూడింటిలోకీ బాగా పెద్దది 36·5 టన్నుల బరువున్నది. వీటిని న్యూయార్కు మ్యూజియంలో ఉంచారు.

అమెరికాలోని అరిజోనా ప్రాంతంలో కొన్ని వేల వళ్ళక్రితం ఒక గొప్ప ఉల్కాశిల పతనమై, 4.200 అడుగుల వ్యాసమూ, 570 అడుగులలోతూ గల ఒక బ్రహ్మాండమైన గుంట ఏర్పడింది. ఉల్క భూమిలోపలికి చాలా లోతుకు చొచ్చుకునిపోయి వుండాలి.

ఇంతకంటె కూడా పెద్దఉల్క 1908 జూన్ 30 న సైబీరియాలో పడి 4 వేల చదరపుమైళ్ళ మేర అపారమైన నష్టం కలిగించింది. మొదటి ప్రపంచయుద్ధం మూలంగా 14 ఏళ్ళ పాటు ఈ వార్త పొక్కలేదు. 1927 లో కులీక్ అనే రష్యను శాస్త్రవేత్త మరికొందరు శాస్త్రవేత్తలను వెంటబెట్టుకుని ఆచోటికి వెళ్ళి వివరాలు చూశాడు. ఉల్కాపాతం జరిగిన చోటికి చుట్టూ 30 మైళ్ళ మేరదాకా ఉండిన చెట్లన్నీ సమూలంగా పడిపోయాయి. అవన్నీ ఉల్క పడిన చోటికి ఎదురుపక్కగా పడిపోయాయి. పతనస్థానానికి చుట్టూ పదిమైళ్ళ మేరలోగల చెట్లూ చేమలూ పూర్తిగా కాలిపోయాయి. ఉల్కాశిల పతనమైనప్పుడు ఉరుము కన్న పెద్ద చప్పుడుతో పేలుడు వినిపించిందని, వెంటనే ఆప్రాంత మంతటా మంటలూ, పొగా వ్యాపించాయనీ ఆ ప్రాంతంలో నివసించేవారు చెప్పారు. అక్కడికి 50 మైళ్ళ దూరాన

వుండే ఇళ్ల కిటికీల అద్దాలుకూడా బద్దలయ్యాయని వారు చెప్పారు.

అదృష్టవశాత్తూ అలాటి సంఘటనలు చాలా అరుదు. అలాటి ఉల్కాపాతం ఏ మహానగరంమీదనో జరిగితే, హైడ్రోజనుబాంబు పడినదానికన్న హెచ్చు విధ్వంసం జరుగుతుందనడాని కేమీా సందేహంలేదు.

# 5. సూర్యుడూ, నక్షత్రాలూ

చీకటి రాత్రి నిర్మలంగావున్న ఆకాశంకేసి చూసినట్టయితే మనకు చిన్న, పెద్ద నక్షత్రాలు మిణుకు మిణుకుమంటూ కొన్ని వేల సంఖ్యలో కనిపిస్తాయి. చిన్న టెలిస్కోపుతో చూసినట్టయితే, ఉత్త కళ్లకు కనిపించని నక్షత్రాలు ఇంకెన్నో వేలు కనిపిస్తాయి. ప్రపంచంలోకెల్లా పెద్దదైన 200 అంగుళాల టెలిస్కోపు అమెరికాలో ఉన్నది; దానిలోనుంచి చూసినట్టయితే ఇంచుమించు వెయ్యికోట్ల నక్షత్రాలు కనబడతాయని అంచనా వేశారు. ఈ నక్షత్రాలనేవి ఏమిటి? కేవలమూ అలంకారార్థం ఆకాశాన పొదిగిన మాణిక్యాలా!

ఈ కోట్లాది నక్షత్రాలలో ప్రతి నక్షత్రం ఒక సూర్యుడు! వాటిలో కొన్ని మనసూర్యుడికన్న ఎంతో పెద్దవి. అవి అంతులేనిదూరాన ఉండడంచేత కొద్దికాంతితో చిన్నవిగా కనిపిస్తాయి.

క్రీ. శ. 150 లో ఈజిప్టుకు చెందిన శాస్త్రజ్ఞుడు టోలమీ ఒకసూత్రం ప్రతిపాదించాడు, దాని ననుసరించి నక్షత్రాలను వాటి కాంతికి అనుగుణంగా వేరువేరు తరగతులుగా విభజించారు. నక్షత్రాలలోకెల్లా హెచ్చుకాంతిగలవి ఒకటవ తరగతి నక్షత్రాలు. అంతకంటె కొంచెం తక్కువ కాంతిగలవి రెండవతరగతవి, మూడవతరగతవి — అలా తరగతి విభజన సాగింది. ఉత్తకంటితో చూడగల నక్షత్రాలలో అత్యంత కాంతిహీనమైనవి 6 వ తరగతినక్షత్రాలు. ఒకటవ తరగతి నక్షత్రాలు ఆరవతరగతి నక్షత్రాలకన్న వందరెట్లు కాంతిమంతంగా ఉంటాయి.* చిన్న టెలిస్కోపులతో 12 వ తరగతికి చెందిన నక్షత్రాలనుకూడా చూడవచ్చు. ఇవి ఒకటవతరగతి నక్షత్రాలలో 2,500 వ వంతు కాంతి కలిగి ఉంటాయి. 200 అంగుళాల టెలిస్కోపు

---

* ఒకటవ తరగతి నక్షత్రాలు 6 వ తరగతి నక్షత్రాలకన్న వందరెట్లు ఎక్కువ కాంతిమంతంగా ఉంటాయనే ఊహతోనే, ఈ అంచనాలు తయారుచేశారు. ఆరో తరగతికి, ఒకటవ తరగతికి మధ్య ఐదు తరగతులు ఉన్నాయి. నూటికి 5 వ వర్గమూలం 2·512 ($2{\cdot}512^5 = 100$) ఆ విధంగా ఒకటవ తరగతి నక్షత్రాలు రెండవ తరగతి నక్షత్రాలకన్న 2.512 రెట్లెక్కువ కాంతిమంతంగా ఉంటయన్నమాట. అలాగే మూడోతరగతి నక్షత్రంకంటె మొదటి తరగతి నక్షత్రం $2{\cdot}512 \times 2{\cdot}512 = 6{\cdot}3$ రెట్లు ఎక్కువ కాంతిమంతంగా ఉంటుంది. అదేవిధంగా, ఇతర తరగతుల నక్షత్రాల కాంతినికూడా లెక్కగట్టవచ్చు.

సాయంతో 22.5 వ తరగతికి చెందిన నక్షత్రాలను సైతం ఫొటోగ్రాఫు చెయ్యవచ్చు. ఈ నక్షత్రాలతో పోల్చితే ఒకటవ తరగతి నక్షత్రాలు 40 కోట్ల రెట్లు కాంతిమంత మైనవి.

ఒకటవ తరగతి నక్షత్రాలకంటె కూడా కాంతిమంత మైనవికూడా ఆకాశంలో మనకు కనిపిస్తాయి. వాటి తరగతులు నిర్దేశించడానికి భిన్నసంఖ్యలూ (fractions), సున్నా, ఋణ (minus) సంఖ్యలూకూడా ఉపయోగిస్తున్నారు. నక్షత్రాలన్నిటిలోకీ కాంతిమంతమైన "సిరియస్"కు -1.58 తరగతి ఇచ్చారు. అత్యంత కాంతిమంతంగా ఉన్న ప్పుడు గురుగ్రహం - 4.3 తరగతిలో ఉంటుంది. పూర్ణిమ నాటి చంద్రుడికి - 12.5 తరగతి. సూర్యగోళం - 26.72 తరగతికి చెందిన నక్షత్రం.

ఈ తరగతులన్నీ మనకంటి దృష్టినిబట్టి ఏర్పాటు చేసినవి. నక్షత్రాలు వేరువేరు దూరాలలో ఉండడంవల్ల వాటికాంతి ప్రమాణంకూడా వేరువేరుగా కనబడుతుంది. ఉదాహరణకు "సిరియస్" నక్షత్రం సూర్యుడికంటె 5,00,000 రెట్లు హెచ్చుదూరాన, అనగా భూమికి 52000,00,00,00,000 మైళ్ళదూరాన ఉన్నది. అది సూర్యుడుండేటంత దూరానే ఉన్నపక్షంలో సూర్యుడికంటె 40 రెట్లు హెచ్చువేడీ, కాంతీ ఇవ్వగలదు. మనకు అత్యంత సన్నిహితంగా ఉండే "ప్రాక్సిమా సెంటారై" నక్షత్రంవద్దకు

వెళ్లి, అక్కడినుంచి సూర్యుణ్ణి చూచినట్టయితే సూర్యగోళం రెండవతరగతి నక్షత్రంలాగా కనబడుతుంది.

నక్షత్రాలు ఎంతో దూరాన ఉండడంచేత వాటి దూరాలను మైళ్లలో చెప్పడం సాధ్యంకాదు. అందుచేత "కాంతి సంవత్సరం" అనే కొలమానాన్ని ఉపయోగిస్తాం. ఒక సెకండుకు 1,86,000 మైళ్లచొప్పున ప్రయాణిస్తూ కాంతి ఒక సంవత్సరకాలంలో వెళ్లేదూరాన్ని "కాంతిసంవత్సరం" అంటాం. దాని ప్రమాణం 587000,00,00,000 మైళ్లు. మనకు అత్యంతసన్నిహితమైన "ప్రాక్సిమా సెంటారై" వుండేదూరం 4.2 కాంతి సంవత్సరాలు. అంటే, దానికాంతి మనకు వచ్చిచేరడానికి 4.2 సంవత్సరాలు పడుతుందన్నమాట. ఇవాళ అది పేలిపోవడంజరిగితే మరి నాలుగేళ్లదాకా అది మనకు కనిపిస్తూనేవుండి, ఆతరువాత ఎప్పుడో పేలుడు వినబడుతుంది. ఇదే కొలమానం ప్రకారం "సిరియస్" వుండే దూరం 9 కాంతి సంవత్సరాలు.

నక్షత్రాల వాస్తవకాంతిని పోల్చిచూడాలంటే అన్నిటినీ ఒకేదూరంలోకి తీసుకురావాలి. 32.6 కాంతి సంవత్సరాలదూరంనుంచి కనిపించే నక్షత్రకాంతిని పరమ (absolute) ప్రమాణంగా పెట్టుకున్నారు. ఈ ప్రమాణాన్ని బట్టి నక్షత్రాలకాంతిని పోల్చిచూస్తే అనేకనక్షత్రాలు సూర్యుడికన్న కాంతిమంతమైనవి; అనేకనక్షత్రాలు

సూర్యుడికంటె తక్కువ కాంతిగలవి. సూర్యుడు మధ్యమ తరగతి నక్షత్రం.

నక్షత్రాలను గురించిన వివరాలు తెలుసుకోవడానికి వాటి పరమ ప్రమాణం తెలిస్తేచాలదు. వాటి వర్ణమాలల (spectra) ఫొటోలనుబట్టి వాటి ఉపరితల ఉష్ణోగ్రత గుణించవచ్చు. దీనినుంచి అనేక వివరాలు తెలుస్తాయి. సూర్యుడి ఉపరితలంలో ఎంత మేరనుంచి ఎంత వేడి వెలువడు తున్నదీ తెలుసుకోవడంచేత దాని ఉపరితల ఉష్ణోగ్రత 6,000 సెం. డిగ్రీలని అంచనాకట్టడం సాధ్యమయింది. కాని ఇతర నక్షత్రాలు అమితదూరాన వుండడంచేత, వాటిని ఎంత పెద్ద టెలిస్కోపులతో చూచినా చుక్కల్లాగే వుంటాయి గాని, వాటివ్యాసం నిడివి తెలియరాదు. అందుచేత వాటి ఉపరితల విస్తీర్ణం గుణించలేం. అయినప్పటికీ వాటి ఉష్ణోగ్రతని గుణించడానికి మరొకమార్గం వున్నది.

మనం ఏదైనా లోహాన్ని వేడెక్కిస్తూపోతే అది మొట్టమొదట కొంచెం ఎర్రగా కాలుతుంది, తరువాత కాంతిమంతమైన ఎరుపురంగు వస్తుంది. ఇంకా వేడెక్కించి నట్టయితే అది తెల్లని కాంతిని వెదజల్లుతుంది. (2,000 సెం. డిగ్రీల వేడికి ఎలెక్ట్రిక్ దీపంలోని "ఫిలమెంటు" తెల్లని కాంతి నిస్తుంది). ఇంకా వేడెక్కించినట్టయితే నీలపుకాంతి వెలువడుతుంది. కనుక నక్షత్రాలనుంచి వెలువడే కాంతిని బట్టి ఎర్రని కాంతినిచ్చే నక్షత్రాల ఉష్ణోగ్రత తక్కువనీ,

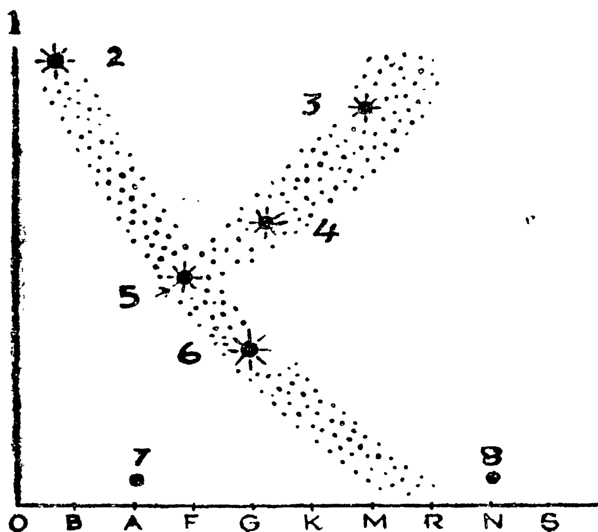
నీలం కాంతినిచ్చే నక్షత్రాల ఉష్ణోగ్రత చాల ఎక్కువనీ మనం తెలుసుకుంటాం.

ఇంతకన్నకూడా ఉపయుక్తమైన పద్ధతి మరొకటున్నది. మనం నక్షత్రాల వర్ణమాలలను ఫోటోగ్రాఫు చేసినట్లయితే వాటిలో నల్లని గీతలు అధికసఖ్యలో కనిపిస్తాయి. వీటిని "ఫ్రాన్ హోఫర్ లైన్స్" లంటారు. సూర్యగోళంలాంటి వాతావరణంలోనూ, నక్షత్రాల వాతావరణంలోనూ ఉండే పరమాణువులమూలాన ఈ గీతలు కలుగుతాయి. ఆ పరమాణువుల ఉష్ణోగ్రతకు అనుగుణంగా ఈ గీతల స్వరూపం మారుతుంది. ఈ గీతలస్వరూపానికీ, పరమాణువుల ఉష్ణోగ్రతకూ గల సంబంధాన్ని భారతీయ శాస్త్రవేత్త మేఘనాథ్ సాహా వివరించారు. ఈ సంబంధాన్ని బట్టి, ఒక నక్షత్రం యొక్క వర్ణమాల ఆకారంతో దాని ఉపరితల ఉష్ణోగ్రత నిర్ణయించవచ్చు.

ఇలా గుణించిన ఉష్ణోగ్రతలను పురస్కరించుకుని నక్షత్రాలను, O, B, A, F, G, K, M, అనే సంకేతాక్షరాలుగల ఏడు తరగతులకింద విభజించారు. పెద్దవీ, వేడి అయినవీ, నీలంరంగుగలవీ అయిన నక్షత్రాలకు O అన్నది సంకేతం. ఈ తరగతికి చెందిన నక్షత్రాలలో కొన్నిటి పై భాగాల ఉష్ణోగ్రత దాదాపు 50,000 సెం. డిగ్రీలదాకా ఉంటుంది. M తరగతికి చెందిన నక్షత్రాల ఉపరితల ఉష్ణో

గ్రత సుమారు 2,000 డిగ్రీలు మాత్రమే. "వీగా" (బ్రహ్మ నక్షత్రం), "సిరియస్" (మృగవ్యాధుడు) అనే నక్షత్రాలు A తరగతివి. వాటి ఉపరితల ఉష్ణోగ్రత సుమారు 10,000 డిగ్రీలు. F తరగతి నక్షత్రాలు పసుపుపచ్చవాటుగల తెలుపురంగులో ఉంటాయి, వాటి ఉపరితల ఉష్ణోగ్రత 7,000 సెం. డిగ్రీలుంటుంది. మన సూర్యుడూ, "కపెల్లా" లాంటి నక్షత్రాలూ G తరగతికి చెందినవి. వాటి ఉపరిభాగాల పైన 6,000 డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రత ఉంటుంది. స్వాతి (Arcturus), రోహిణి (Aldebaran) ల వంటి నారింజరంగు రంగుగల నక్షత్రాలు K తరగతివి. వాటి ఉపరితలాల ఉష్ణోగ్రత 4,000 డిగ్రీలు. ఆర్ద్ర (Betelgeuse), జ్యేష్ఠ (Antares) ల వంటి నక్షత్రాలు ఎర్రనివి, అవి M తరగతికి చెందినవి. వాటి ఉపరితల ఉష్ణోగ్రత 3,000 డిగ్రీలుగాని, ఇంకా తక్కువగాని వుంటుంది.

నక్షత్రంయొక్క ఉపరితల ఉష్ణోగ్రతా, దాని పరమ ప్రమాణమూ ఆధారం చేసుకుని నక్షత్రం పై భాగాన వుండే కాంతి, నక్షత్రంయొక్క వ్యాసమూ లెక్కకట్టవచ్చు. ఇలా లెక్కకట్టగా తేలిన దేమంటే, సిరియస్ నక్షత్రం యొక్క వ్యాసం సూర్యుడివ్యాసానికి 1·8 రెట్లున్నది, Y-Cygnus వ్యాసం 5·9 రెట్లున్నది. కాంతిహీనమైన క్రూగర్ 60-B వ్యాసం సూర్యునివ్యాసంలో సగమే వున్నది.




పటము 16

"రసెల్ డయాగ్రమ్" : ఎడమ నుంచి కుడికి వెళ్లినకొద్దీ నక్షత్రాల ఉష్ణోగ్రత తగ్గుతుంది. కిందినుంచి పైకి వెళ్లినకొద్దీ నక్షత్రాల మొత్తం కాంతి హెచ్చుతుంది. (1. కాంతి, 2. Y-హంస, 3. సిఫైడ్ వేరియబుల్, 4. కపెల్లా, 5. సిరియస్, 6. సూర్యుడు, 7. సిరియస్ అనుచరుడు, 8. క్రూగర్ 60-B.

ఈ ఏడు తరగతులూ కాక, R, N, S అనే మరి మూడు తరగతులున్నాయి. ఎర్రనిరంగుగల "శీతల" నక్షత్రాలు ఈ తరగతుల కిందికి వస్తాయి.

1913 లో హెచ్. ఎన్. రసెల్ అనే అమెరికను ప్రొఫెసరు, అప్పటికి తెలిసిన నక్షత్రాలకాంతినీ, వర్ణమాలా తరగతులనూ బట్టి ఒక గ్రాఫు తయారుచేశాడు. పటంలో దిగువ కుడి చివరనుంచి, ఎగువ ఎడమచివరదాకా నక్షత్రాలు ఒక శ్రేణిలో అమరివున్నాయి. ఈగ్రాఫును "రసెల్ డయాగ్రమ్" అంటారు. ఈ శ్రేణిని ప్రధానశ్రేణి అంటారు. మన సూర్యగోళం ఈ శ్రేణిలోనే ఉన్నది. అతి తక్కువ వేడి గలనక్షత్రాలు దిగువ కుడిచివరనా, అతి వేడిగలనక్షత్రాలు ఎగువ ఎడమ చివరనా ఉన్నాయి.

అయితే ఈ ప్రధానశ్రేణినుంచి కుడిప్రక్కగా ఒక శాఖాశ్రేణి ఉన్నది. ఇందులో చేరిన నక్షత్రాలు చాలా కాంతిమంతమైనవి; కాని, వాటి ఉష్ణోగ్రత చాలా తక్కువ. ఇవి అంతగా వేడికలవికావు గనక ఒకప్రమాణంగల వైశాల్యంనుంచి వెలువడే కాంతి తక్కువగానే ఉంటుంది. అయితే మొత్తంగా చూస్తే నక్షత్రం కాంతిమంతంగా కనిపిస్తున్నది గనుక వాటి వైశాల్యం అపరిమితంగా ఉందనుకోవాలి. వీటికి "రెడ్ జయింట్స్" (అరుణ బృహత్తారలు) అని పేరు పెట్టారు. "కపెల్లా", "సిఫేడ్ వేరియబుల్స్" అనేవీ ఈ రకానికి చెందినవి.

ఇవికాక, దిగువ ఎడమపక్కనకూడా కొన్ని నక్షత్రాలున్నాయి. వీటిని "వైట్ డ్వార్ఫ్స" (తెల్లని మరు

గుజ్జు తారలు) అంటారు. వీటి ఉష్ణోగ్రత చాలా ఎక్కువ; కాని, మొత్తం కాంతి చాలా తక్కువ.

అనేక తారలు జంటలుగా ఉంటాయి. గురుత్వాకర్షణఫలితంగా అవి ఒకదానిచుట్టూ మరొకటిగా తిరుగుతాయి. ఈ పరస్పర ప్రదక్షిణానికి ఎంతకాలం పడుతుందో, రెండిటిమధ్యాగల దూరమెంతో తెలిస్తే ఆ నక్షత్రాలబరువు గుణించవచ్చు. అన్ని నక్షత్రాల బరువూ ఇలా గుణించడం సాధ్యంకాదనుకోండి!

నక్షత్రంయొక్క బరువూ, వ్యాసపరిమాణమూ, కాంతి ఆధారంచేసుకొని దానిలోపల ఉండే ఉష్ణోగ్రతను లెక్కకట్టడానికి సర్ ఆర్థర్ ఎడింగ్టన్ ఒక మార్గం కని పెట్టారు. ఈ పద్ధతి ప్రకారం గుణించగా, సూర్యుడిలోపలి ఉష్ణోగ్రత 2 కోట్ల డిగ్రీలనీ, క్రూగర్ 60-B ది 1·4 కోట్లనీ, సిరియస్‌ది 2·5 కోట్లనీ, Y-హంస (Cygnus) ది 3.2 కోట్లనీ తేలింది.

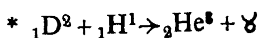
సూర్యుడి అంతర్భాగంలోని 2 కోట్ల డిగ్రీల వేడికి హైడ్రోజను పరమాణువులు, కార్బను - నైట్రోజను పరమాణువులసాయంతో ఒకదానితో ఒకటి చేరి హీలియం పరమాణువులుగా మారిపోతాయి. ఈ ప్రక్రియ జరిగేటప్పుడు. అపారమైన శక్తి విడుదల అవుతుంది. కాని, క్రూగర్ 60-B లాటి నక్షత్రాల లోపలి ఉష్ణోగ్రత ఒకటిన్నరకోట్ల కంటె తక్కువ గనుక అందులో

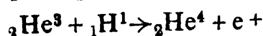
కార్బను-నైట్రోజను ప్రతిక్రియలు సాధ్యంకావు. ఇలాటి నక్షత్రాలలో తేలికైన ప్రతిక్రియలు మాత్రమే — అనగా, •డ్యూట్రాన్ - హైడ్రోజను ప్రతిక్రియలు— జరుగుతాయి.

ఈ ప్రతిక్రియ* ఒకటిన్నరకోటి డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రతలో సాధ్యమవుతుందని గమోవ్, క్రిచ్‌ఫీల్డ్‌లవంటి శాస్త్రవేత్తలు నిరూపించారు.

మన సూర్యుడిలో ఉన్న హైడ్రోజను కొన్నివేల కోట్ల సంవత్సరాలకు సరిపడుతుందని మనం లోగడ తెలుసుకుని ఉన్నాం (రెండవ ప్రకరణం). అయితే హైడ్రోజను ప్రమాణం తగ్గినకొద్దీ దాని తాలూకు ప్రతిక్రియా వేగం హెచ్చుతుంది. సహజంగా సూర్యువేడీ, కాంతీ కూడా హెచ్చుతాయి. హైడ్రోజను పూర్తిగా వ్యయమైపోయే సమయాన సూర్యుడి కాంతి ఇప్పటి "సిరియస్" కాంతికి తుల్యంగా ఉంటుంది. ఈలోపుగా "సిరియస్" ప్రకాశం కూడా పెరుగుతుంది. అది రసెల్ డయాగ్రమ్‌లో పైకి జరుగుతుంది. చిన్నదైన క్రూగర్ 60-B కాంతిహెచ్చి అది సూర్యుడంత అవుతుంది. ఇప్పటికే అధిక వయస్సుగల నక్షత్రాలు తమ హైడ్రోజనునంతా కోల్పోయి చావ సిద్ధంగా ఉంటాయి.

---

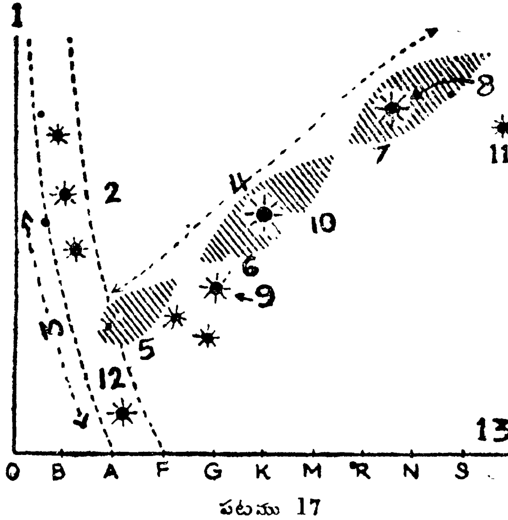

* $_1D^2 + {}_1H^1 \rightarrow {}_2He^3 + \gamma$


$_2He^3 + {}_1H^1 \rightarrow {}_2He^4 + e\,+$

"అరుణ బృహత్తారలు" (Red Giants)

అరుణ బృహత్తారలు ప్రమాణంలో చాలా పెద్దవి గానూ, తక్కువ ఉష్ణోగ్రతగలవిగానూ ఉంటాయని ఇది వరకే తెలుసుకున్నాం. ఫిబ్రవరి, మార్చిమాసాలలో ఉత్త రాకాశంలో కనిపించే "కపెల్లా" నక్షత్రం ఇందుకు తార్కాణం. దానివ్యాసం సూర్యుడివ్యాసంకన్న పదింతలు పెద్దది. దాని వికిరణం (రేడియేషన్) సూర్యుడికి నూరిం తలు. అంత కాంతిమంతమైన నక్షత్రం ఎంతో వేడిగా ఉంటుంది అనుకుంటాం. కాని అది నిజంకాదు. దాని ఉపరితల ఉష్ణో గ్రత దాదాపు సూర్యుడికి సమంగా ఉంటుంది. దానిబరువు సూర్యుడికి నాలుగింతలు. అందుచేత దాని సాంద్రత సూర్యుడి సాంద్రతలో 250 వ వంతు మాత్రమే. "అరుణ బృహత్తార" లన్నీ తక్కువసాంద్రత గలవే.

"రథసారథి" (Aurigae) అనే నక్షత్రకూటంలో "కపెల్లా" అనే చల్లని, పెద్ద నక్షత్రం ఉన్నది. దాని పేరు ε-Aurigae. ఇది జంటనక్షత్రం. ఆ రెంటిలో ε-Aurigae I అనేది చాలా పెద్దది, చల్లనిది. దాని ఉపరి తల ఉష్ణోగ్రత 1,700 డిగ్రీలు మాత్రమే. అయితే దాని వ్యాసం సూర్యుడి వ్యాసానికి 2,000 రెట్లు. దానిని మన సూర్యుడిస్థానంలో ఉంచినట్లయితే, దాని పరిధి శనియొక్క కక్ష్యదాకా విస్తరించి ఉంటుంది. అయితే దాని బరువు




పటము 17

"రసెల్ డయాగ్రమ్ - ఎగువ భాగం" : (1. కాంతి, 2. Y-హంస, 3. ప్రధానశ్రేణి, 4. మారేనక్షత్రాలు, 5. ఒక రోజు, 6. రెండు వారాలు, 7. ఒక సంవత్సరం, 8. మైరోసెటీ, 9. కపెల్లా, 10. δ-సిఫైడ్, 11. ε-ఆరిగే, 12. సిరియస్, 13. శీతలం)

సూర్యుడి బరువుకు 25 రెట్లు మాత్రమే. దాని సాంద్రత నీటి సాంద్రతతో పోల్చితే 0·000,000,003 మాత్రమే! అయితే ఇది సరాసరి సాంద్రత. నక్షత్రంలోపలికి వెళ్లిన కొద్దీ దానిసాంద్రతా, ఉష్ణోగ్రతాకూడా పెరుగుతాయి. అలాకూడా దాని అంతర్భాగంలోని వేడి, సూర్యుడిలో

లాగా 2 కోట్ల డిగ్రీలుండదు. "కపెల్లా" అంతర్భాగంలోని ఉష్ణోగ్రత 50 లక్షల డిగ్రీలుంటుంది. ε-Aurigae లోపలి ఉష్ణోగ్రత 10 లక్షల డిగ్రీలకంటెకూడా తక్కువ.

గమోవ్, టెల్లర్ అనే అమెరికను శాస్త్రవేత్తలు 1939 లో జరిపిన పరిశోధనల ఫలితంగా, ఉష్ణోగ్రతకు అనుగుణంగా ఏయే పరమాణు ప్రతిక్రియలు జరుగుతాయో ఈ దిగువ చూపబడింది.

1. $_1D^2 + _1H^1 \rightarrow _2He^3 + \gamma$ కిరణం (10 లక్షల డిగ్రీలు)
2. $_3Li^6 + _1H^1 \rightarrow _2He^4 + _2He^3$ (30–70 లక్షల డిగ్రీలు)
3. $_3Li^7 + _1H^1 \rightarrow _2He^4 + _2He^4$ ( ,, ,, )
4. $_4Be^9 + _1H^1 \rightarrow _3Li^6 + _2He^4$ ( ,, ,, )
5. $_5B^{10} + _1H^1 \rightarrow _6C^{11} +$ వికిరణం (160 లక్షల డిగ్రీలు)
6. $_5B^{11} + _1H^1 \rightarrow _2He^4 + _2He^4 + _2He^4$ (30–70 లక్షల డిగ్రీలు)

దీనినిబట్టి మొట్టమొదటి ప్రతిక్రియ తేలికగా జరుగుతుందని స్పష్టమవుతుంది. తరువాత వచ్చే లిథియం, బెరిలియం, బోరాన్‌లు 30 నుంచి 70 లక్షల డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రత ఉంటేతప్ప ప్రతిక్రియలకు గురికావు. 5 వ ప్రతిక్రియలో శక్తి వికిరణంకూడా ఉన్నందున ఇంకా హెచ్చు ఉష్ణోగ్రత ఉంటుంది. (వికిరణమే లేనిపక్షంలో మొదటి ప్రతిక్రియ ఇంకా తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలో సాధ్యమవుతుంది).

"అరుణ బృహత్తారల"లో శక్తి ఎలా ఉత్పత్తి అయేదీ మనమిప్పుడు తెలుసుకోవచ్చు. ε-Aurigae లాటి చల్లని

నక్షత్రాలలో మొట్టమొదటి (హైడ్రోజను - డ్యూట్రాను) ప్రతిక్రియ మాత్రమే జరుగుతుంది. లిథియం, బెరిలియం, బోరాను పరమాణువు లింకా వినిమయంకావు. "కపెల్లా" లాటి నక్షత్రాలలో "డ్యూట్రాను" పరమాణువులన్నీ ఖర్చయిపోయి ఉంటాయి. నక్షత్రంయొక్క ఉష్ణోగ్రత 30 లక్షల డిగ్రీలకు పెరిగినమీదట లిథియం, బెరిలియం, బోరాన్ పరమాణువుల ప్రతిక్రియలు ఆరంభమవుతాయి. ఇవి హైడ్రోజనుతో చేరి సంయోగంపొంది శక్తిని విడుదల చేస్తాయి.

లిథియం, బెరిలియం, బోరానులు సూర్యుడి అంతర్భాగంలో ఉండడం సాధ్యంకాదు. అవి అక్కడ ఉన్నట్టయితే అక్కడి అపరిమితమైన ఉష్ణోగ్రతకు అపారమైన శక్తిని వెలువరించి సూర్యుణ్ణి పేల్చివేసి ఉండేవి. ఆదికాలంలో, సూర్యుడి అంతర్భాగంలోని ఉష్ణోగ్రత అంతగా లేనప్పుడవి పరమాణు ప్రతిక్రియలలో పాల్గొని, శక్తిని వెలువరించి, నిర్మూలమై ఉంటాయి. అనేకనక్షత్రాల వర్ణమాలలను పరిశీలించగా, అత్యధికసంఖ్యగల నక్షత్రాలలో ఈమూలకాలు లేనట్టు స్పష్టమవుతున్నది. మన భూమిపైనకూడా ఇవి చాలా కొద్ది మొత్తాలలో ఉన్నసంగతి మనకు తెలుసు. ప్రధానశ్రేణికి సన్నిహితంగా ఉండే "అరుణ బృహత్తారకల"లో ఉండిన ఈ మూడు మూలకాలూ దాదాపు నిర్మూలమై పోయాయి, వాటిలో, మన సూర్యుడిలో

లాగా, కార్బను - నైట్రోజను ప్రతిక్రియలు ఆరంభం కానున్నాయి.

ప్రధానశ్రేణికి చెందిన నక్షత్రాలన్నింటా కార్బను - నైట్రోజను - హైడ్రోజను ప్రతిక్రియలు జరుగుతున్నాయి (2 వ ప్రకరణంలో చూడండి). ప్రతిక్రియలలో పాల్గొనే కార్బను, నైట్రోజను పరమాణువులు నిర్మూలం కావన్నది జ్ఞాపకం ఉంచుకోవాలి; హైడ్రోజను మాత్రమే వినిమయమవుతుంది. నక్షత్రాలలో అంతులేని హైడ్రోజను ఉన్నది. గనుక అవి దానిని వినియోగించుకుంటూ అతి దీర్ఘకాలం శక్తిని వెలువరించగలుగుతాయి.

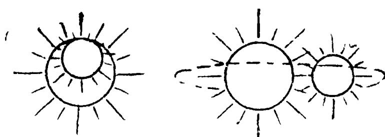
మన సూర్యుడూ, ఇతర నక్షత్రాలూ తమ జీవితాలను ఎలా ఆరంభించి ఇప్పటి దశకువచ్చినదీ ఇప్పుడు మనం స్థూలంగా చెప్పవచ్చు. ప్రతినక్షత్రమూ ఒక పెద్ద వాయు గోళంగా ప్రారంభమయింది. అందులో మూలకాలన్నీ ఉండేవి. వాటి ఉష్ణస్థితీ, సాంద్రతా బహుకొద్దిగా ఉండేవి. ఈ గోళంలోని వివిధప్రాంతాలమధ్యగల ఆకర్షణఫలితంగా గోళం సంకోచంపొందింది. ఇందువల్ల ఉష్ణోగ్రతా, సాంద్రతా హెచ్చాయి. అంతర్భాగంలోని ఉష్ణోగ్రత 10 లక్షల డిగ్రీలు అందుకున్నాక డ్యూట్రాను - హైడ్రోజను ప్రతిక్రియ ప్రారంభమై, పెద్ద ప్రమాణంలో శక్తి విడుదల అయింది. ఈ శక్తి వికిరణ శక్తికి సమానమయేసరికి నక్షత్రం సంకోచంపొందడం నిలిచిపోయింది. డ్యూటిరియం వాయువు

నిర్మూలమైపోయినదాకా నక్షత్రంయొక్క స్థితి మార్పు లేకుండా అలాగే ఉండి ఉంటుంది.

కాని, డ్యూటెరియం పరిమాణం తగ్గిపోయి, దాని ద్వారా వెలువడే శక్తి వికిరణశక్తి కన్న తక్కువైపోగానే గోళం తిరిగి సంకోచం పొందసాగింది. ఇందువల్ల ఉష్ణోగ్రత తిరిగి పెరిగి, లిథియం ప్రతిక్రియ ప్రారంభం కాదగిన స్థితి ఏర్పడుతుంది. ఈ ప్రతిక్రియ ప్రారంభం కావడంతో హెచ్చుశక్తి వెలువడి సంకోచం తిరిగి నిలిచిపోతుంది.

ఈ విధంగా కేంద్రక ప్రతిక్రియలు ఒకదాని వెనుక మరొకటిగా సాగుతూ, నక్షత్రంయొక్క అంతర్భాగంలోని ఉష్ణోగ్రతా, వెలుపలి ప్రకాశమూ పెరుగుతాయి. తక్కువ ఉష్ణోగ్రతా, ఎక్కువ పరిమాణమూగల "అరుణ బృహత్తారలు" సంకోచంపొంది, వేడెక్కి, తమలోఉండే లిథియం, బెరిలియం, బొరానులను వ్యయపరచుకుని ప్రధానశ్రేణి నక్షత్రాలలో చేరిపోతాయి. ఆతరువాత కార్బను-నైట్రోజను ప్రతిక్రియ ఆరంభమై, హైడ్రోజను హీలియంగా పరివర్తనపొంది అపరిమితమైన శక్తి వెలువడుతుంది. మన సూర్యగోళం ఇప్పు డీస్థితిలోనే ఉన్నది. ఆరంభదశలో కూడా నక్షత్రాలలో డ్యూటెరియం, లిథియం, బెరిలియం, బొరాన్‌లు అల్పప్రమాణంలోనే ఉంటాయి. అందుచేత, వాటితోకూడిన ప్రతిక్రియలలో హైడ్రోజను చాలాకొద్దిగా మాత్రమే వ్యయమవుతుంది. మన సూర్యుడికి ఆ దశ కొద్ది

కాలమే ఉండినది. నక్షత్రం ప్రధాన శ్రేణిలో చేరుకోగానే, కార్బను - నైట్రోజను ప్రతిక్రియ ఆరంభమై, హైడ్రోజను వ్యయమైపోయేదాకా సాగుతూ, హైడ్రోజనునుంచి హీలియం తయారవుతూ ఉంటుంది. మన సూర్యగోళం దాదాపు వెయ్యికోట్ల సంవత్సరాలపాటు ఈ దశలో ఉంటుందని అంచనా వేశారు.



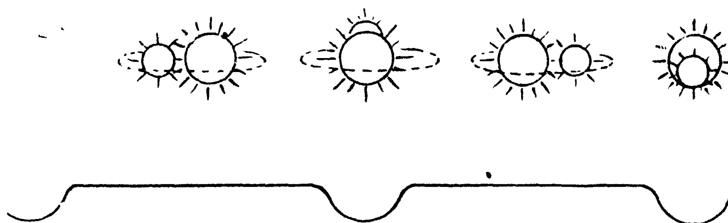
పటము 18
"జంట నక్షత్రాలు" :
ఒకదానిచుట్టూ ఒకటి తిరుగుతుంది.

## మారే నక్షత్రాలు (Variable Stars)

కొన్ని నక్షత్రాలకాంతి హెచ్చుతూ, తిరిగి తగ్గుతూ ఉండడం దీర్ఘకాలంగా నక్షత్రవేత్తలు గమనిస్తూ వచ్చారు. ప్రాచీన అరబ్బులు ఇలాంటి నక్షత్రాలలో "అల్‌గాల్" (Algol) అనే దానికి "పిశాచి నక్షత్రం" అని పేరు పెట్టారు. 1782 లో గుడ్‌రిక్ అనే ఆయన ఈ నక్షత్రం కాంతి 2 రోజుల 20 గంటల 49 నిమిషాల కొకసారి హెచ్చడమూ, తగ్గడమూ జరుగుతుందనీ, దాని కాంతి తగ్గడానికి కారణం దాని సమీపంగా ఉండే మరొక నక్షత్రం దానికి

అడ్డం వస్తూ ఉండడమనీ, ఆ రెండు నక్షత్రాలూ ఒకదాని చుట్టూ ఒకటి తిరుగుతున్నాయనీ కనిపెట్టాడు. (పటం 18).

ఆకాశంలో ఇలాటి జంటనక్షత్రా లెన్నయినా ఉన్నాయి. వాటికాంతి చాలాసేపు నిలకడగా ఉండి, తిరగడంలో ఒకదానికొకటి అడ్డురాగానే చప్పున తగ్గిపోతుంది. (పటం 19).



పటము 19

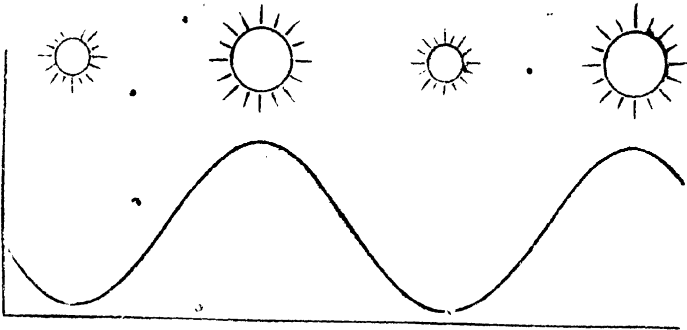
"జంట నక్షత్రాల కాంతిలో మార్పు" : ఒక నక్షత్రానికి మరొకటి అడ్డువచ్చినప్పుడు మొత్తం కాంతి ఆకస్మికంగా తగ్గుతుంది. ఇతర వేళల కాంతిలో మార్పు ఉండదు.

జంట నక్షత్రాలు కాకుండానే కాంతిలో మార్పు కలిగే నక్షత్రాలుకూడా ఉన్నాయి. వీటిని "సిఫేడ్ వేరియబుల్స్" అంటారు, ఎందుకంటే, మొట్టమొదటగా కనిపెట్టబడిన నక్షత్రం "δ-సిఫై" అనేది. ఈ నక్షత్రాల కాంతిలో మార్పు క్రమంగా జరుగుతుంది. ఈ నక్షత్రాల

వర్ణమాలల ఫొటోలు తీసిచూడగా, ''డాప్లర్ ఇఫెక్ట్''* ననుసరించి, నక్షత్రాల పరిమాణం హెచ్చుతూ, తగ్గుతూ ఉన్నట్టు స్పష్టమయింది (పటం 20). ఈ ''సిఫేడ్'' తరగతి మారేనక్షత్రాలన్నీ అరుణ బృహత్తారలే. వీటిని పటం 17 లో చూడవచ్చు.

ఈ నక్షత్రాలకాంతి తగ్గి, హెచ్చే ఆవర్తనకాలం ఒక్కొక్కనక్షత్రానికి ఒక్కొక్క విధంగా ఉంటుంది. కొద్ది ఆవర్తనకాలంగల నక్షత్రాలు 6 మొదలు 24 గంటల కొకసారి మారుతాయి. రెండవతరగతికి చెందినవి 1 మొదలు 3 వారాలకొకసారి మారుతాయి. మారేనక్షత్రాలలో వీటిని సాధారణమైనవి (normal) గా పరిగణిస్తారు. ఓ-సిఫే అనే నక్షత్రం ఈ తరగతికి చెందినది. మూడవతరగతికి చెందిన మారేనక్షత్రాల ఆవర్తనకాలం ఇంచుమించు ఒక

* "డాప్లర్ ఇఫెక్ట్". ఒకనక్షత్రం మనకేసి వేగంగా వస్తున్నప్పుడు దాని వర్ణమాలలోని గీరలు ఊదారంగు ఉండేవేపు జరుగు జరుగుతాయి. మననుండి దూరంగా పోతున్న నక్షత్రాల వర్ణమాలలలో అవి ఎరుపురంగు ఉండేవేపు జరుగుతాయి. దీనినే ''డాప్లర్ ఇఫెక్ట్'' అంటారు. అందుచేత భూమిమీది కాంతియొక్క వర్ణమాలతో నక్షత్రాలవర్ణమాలలను పోల్చిచూసినట్టయితే, నక్షత్రం మనకేసి వస్తున్నదో, మన నుంచి దూరంపోతున్నదో, ఎంత వేగంగా కదులుతున్నదో కూడా తెలుస్తుంది. ఇది తెలుసుకోవడానికి గీరలు ఎంతదూరం, ఎటుగా జరిగినదీ కొలుస్తారు.



పటము 20

"సిఫేడ్ నక్షత్రాలకాంతిలో మార్పు" : ఈ నక్షత్రాల కాంతి విడువకుండా తగ్గుతూ, హెచ్చుతూ ఉంట్టుంది. ఇవి జంట నక్షత్రాలు కావు; విడి నక్షత్రాలు. ఈ నక్షత్రాలు పెద్దవీ, చిన్నవీ అవుతూ ఉండడంచేత వీటికాంతి మారుతున్నట్టు కనిపిస్తుంది.

సంవత్సరం ఉంటుంది. వీటిని దీర్ఘ ఆవర్తనకాల నక్షత్రాలంటారు. ''మైరా'' (అద్భుతం) అనే నక్షత్రం ఈతరగతికి చెందిన నక్షత్రాలలోసుపరిచితమైనది. ఈమూడు తరగతుల నక్షత్రాలూ 117, 118 వ పేజీలలో వివరించినట్టు, మూడు విధాలుగా శక్తిని వెలువరిస్తాయి. దీర్ఘ ఆవర్తనకాలంగల మారేనక్షత్రాలు ద్యూట్రాను – ప్రోటాను ప్రతిక్రియ ద్వారాను, ''సిఫేడ్ వేరియబుల్స్'' లిథియం, బెరిలియం, బోరాను ఐసోటోపులను వ్యయపరచడం ద్వారానూ శక్తిని వెలువరిస్తాయని శాస్త్రవేత్త గమోవ్ వివరించాడు.

నక్షత్రాలూ, ''నెబులాలూ'' ఉండే దూరాలను కొలవడానికి మారే నక్షత్రాలను ఉపయోగపరచే ముఖ్యమైన ఒక పద్ధతి కనుగొనబడింది. 1912 లో మిస్ హెన్రియటా లెవిట్ ''మెగలానిక్ క్లౌడ్'' గురించి పరిశోధనలు చేస్తూ, ఆ నక్షత్రసముదాయంలో అనేక సిఫేడ్ వేరియబుల్స్‌ను గమనించింది. వాటిలో దీర్ఘ ఆవర్తనకాలం గలవి చాలా కాంతిమంతంగానూ, హ్రస్వ ఆవర్తనకాలం గలవి కాంతితక్కువగానూ కనిపించినయి. ఆ నక్షత్రాలన్నీ భూమికి ఇంచుమించు ఒకేదూరంలో ఉండి ఉండాలి, కనుక వాటికాంతి ప్రమాణంలో కనిపించిన తేడా వాస్తవమైన తేడాయే అయి ఉండాలి. అందుచేత ఆమె, దీర్ఘ ఆవర్తన కాలంగల నక్షత్రాలు ఎక్కువకాంతిమంతమైనవన్న నిర్ణయానికి వచ్చింది. ఆ అబ్జర్వేటరీ ప్రధానాధికారి (హెరాల్డ్ షేప్లీ) ఈ నిర్ణయాన్ని అనుసరించి అనేక మారేనక్షత్రాల దూరాలను కొలిచాడు.

సమీపదూరంలో ఉండే సిఫేడ్ వేరియబుల్ యొక్క దూరాలను ''పారలాక్స్'' (లంబన) పద్ధతి*లో

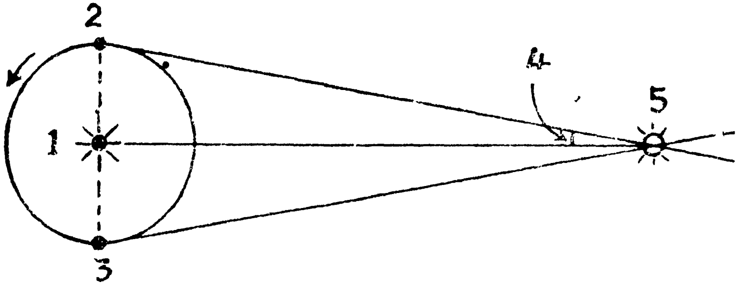
* "పారలాక్స్" (లంబన) పద్ధతి: ఏ నక్షత్రంగాని ఉచ్చస్థానంలో ఉన్నప్పుడు దానిస్థానాన్ని టెలిస్కోపు సాయంతో కచ్చితంగా నిర్ణయించవచ్చు. తిరిగి ఆరుమాసాలకు, భూమి తన కక్ష్య అవతలిపక్క ఉన్నప్పుడు, ఆనక్షత్రంయొక్క స్థానాన్ని నిర్ణయించినట్టయితే రెండుస్థానాలమధ్యా కొద్ది తేడా కనిపిస్తుంది. ఈ మార్పు

ఇంచుమించు నిక్కచ్చిగానే కొలవవచ్చు. అయితే మరీ దూరంగా ఉండే నక్షత్రాలదూరాలను కొలవడాని కీపద్ధతి ఉపకరించదు, ఎందుకంటే వాటికి "పారలాక్స్" ఏమీ ఉండదు. అయితే, సమీపంలో ఉన్న మారేనక్షత్రం యొక్క ఆవర్తనకాలాన్ని, దూరంగా ఉన్న దాని ఆవర్తన కాలంతో పోల్చిచూసినట్టయితే వాటి కాంతి మధ్యగల నిష్పత్తి తెలిసిపోతుంది. టెలిస్కోపు సాయంతో దృశ్య కాంతియొక్క నిష్పత్తిని కనుక్కోవచ్చు. కాంతి తీవ్రత దూరాన్నిబట్టి విలోమ చతురస్ర నిష్పత్తిలో క్షీణిస్తుంది గనుక నక్షత్రాల వాస్తవకాంతికీ, దృశ్యకాంతికీ మధ్య ఉండే నిష్పత్తినిబట్టి వాటిదూరాలను లెక్కగట్టవచ్చు. సమీపంలోగల నక్షత్రంయొక్క దూరం తెలుసు గనుక, దూరానఉన్న దాని దూరాన్ని తేలికగా గుణించవచ్చు.

సిఫేడ్ నక్షత్రాలు "స్పైరల్ నెబులా" అనబడే నక్షత్రకూటాలలోకూడా కనబడుతున్నాయి. వాటి ఆవర్తన కాలాన్నిబట్టి యథార్థకాంతిప్రమాణాన్ని తెలుసుకోవచ్చు. ఎంతదూరాన ఉంటే వాటి యథార్థకాంతి వాటిదృశ్యకాంతికి సమమవుతుందో గుణించినట్టయితే, అవి ఉండే నక్షత్రకూ

---

యొక్క కోణంలో సగభాగాన్ని పారలాక్స్ అంటారు. దీని సాయంతో ఆనక్షత్రం భూమికి (లేక సూర్యుడికి) ఎంతదూరాన ఉన్నదీ తేలికగా లెక్కకట్టవచ్చు. నక్షత్రాలయొక్క "పారలాక్స్" అత్యల్పం.




పటము 21

"పారలాక్స్": దీని సాయంతో నక్షత్రాల దూరాలను తెలుసుకోవచ్చు.
(1: సూర్యుడు, 2,3: భూమి, 4: పారలాక్స్, 5: నక్షత్రం)

టాల దూరం వచ్చేస్తుంది. అపారమైన దూరాలను కొలవడాని కిది అతిముఖ్యమైనపద్ధతి.

మరీ దూరానఉండే నక్షత్రకూటాలకు చెందిన విడి నక్షత్రాలు ఎంత శక్తిమంతమైన టెలిస్కోపులలోనూ కనిపించవు. అందుచేత వాటిదూరాలను ఈవిధంగా అంచనా కట్టడం సాధ్యపడదు.

ఈ నక్షత్రాల పరిమాణం పెరగడమూ, తరగడమూ, వాటికాంతి హెచ్చడమూ, తగ్గడమూ దేనికి? శాస్త్రవేత్త గమోవ్ దీని నిలా వివరించాడు: పరమాణు ప్రతిక్రియల ఫలితంగా, నక్షత్రంయొక్క అంతర్భాగంలో అంతులేని శక్తి వెలువడుతుంది. అలా వెలువడే శక్తి వికిర

ణానికి చాలసప్పుడు, గురుత్వాకర్షణ బలంకొద్దీ దాని పరిమాణం సంకోచంపొందుతుంది. అందువల్ల నక్షత్ర ఉష్ణోగ్రతా, దాని వికిరణశక్తీ పెరుగుతాయి. మారే నక్షత్రాలలో గురుత్వాకర్షణబలంతో వెలువరించబడే శక్తీ, పరమాణుప్రక్రియద్వారా వెలువరించబడే శక్తీ దాదాపు ఒకటే కావడంచేత, ఏవిధంగా శక్తిని వెలువరించవలసినదీ తెలియని స్థితిలో నక్షత్రం ఉంటుందన్నమాట. అందుచేత అది రెండు పద్ధతులనూ మార్చిమార్చి ఉపయోగిస్తుంది. అయితే ఈ ఊహాలేవీ ఇంకా ధ్రువపడలేదు.

## తెల్ల మరుగుజ్జులు (White Dwarfs)

మనసూర్యగోళంలో ఉన్న హైడ్రోజనంతా అయిపోయాక దానిగతి ఏమవుతుంది? 2వ ప్రకరణంలో ఈవిషయం సంగ్రహంగా తెలుసుకున్నాం. సూర్యగోళంలోని హైడ్రోజను తరిగిపోయేకొద్దీ సూర్యుడికాంతీ, వేడీ పెరిగి, అది అయిపోయేసమయానికి అవి ఇప్పుడుండేదానికి నూరింతలుగా ఉంటాయి. హైడ్రోజను అయిపోయినాక సూర్యగోళం సంకోచంపొందసాగుతుంది. సంకోచంవల్ల వెలువడే కాంతీ వేడీ, సూర్యుడి వికిరణాన్ని కొంతకాలం నిలబెట్టి ఉంచుతాయి. కాని సంకోచం హెచ్చినకొద్దీ సూర్యుడి కాంతీ, వేడీ తగ్గ నారంభిస్తాయి. దీర్ఘకాలం అనంతరం సూర్యగోళం కాంతిరహితమూ, ఉష్ణరహితమూ అయి, నిర్జీవ

గోళంగా తయారవుతుంది. కరడుగట్టిపోయిన గ్రహాలు నిర్జీవంగా దానిచుట్టూ తిరుగుతాయి.

చిట్టచివరకు నక్షత్రం ఎంత చిన్నదవుతుంది? ఇది నక్షత్రంయొక్క మొత్తం ద్రవ్యంపై ఆధారపడి ఉంటుంది. హెచ్చు ద్రవ్యంగల నక్షత్రం సంకోచంపొంది చాలా చిన్నదవుతుంది. తక్కువ ద్రవ్యంగల నక్షత్రం అంతగా సంకోచం పొందదు. అయినప్పటికీ, సంకోచంపొందే నక్షత్రాల తుది వ్యాసప్రమాణం 80,000 మైళ్లకు లోపు ఉంటుందని అంచనా వేశారు. మనసూర్యగోళం సంకోచంపొంది భూమి యొక్క వ్యాసప్రమాణాన్ని (8,000 మైళ్లు) చేరుకుంటుంది.

సూర్యుడూ, ఇతరనక్షత్రాలూ ఇంతగా సంకోచం పొందడం దేనికి? అలా అయితే మన భూమీ, ఇతర గ్రహాలూకూడా సంకోచంపొంది చిన్నవవుతాయా?

ఒక చిన్న ఇటుకముక్కను అడకత్తెరలో పెట్టి గట్టిగా నొక్కినట్టయితే అది తుంపులు తుంపులవుతుంది. అది ఘనపదార్థమే అయినప్పటికీ, అది ఒక పరిమితికి మించిన పీడనానికి గురి అయినప్పుడు దాని అణువులు పీడనానికి లొంగిపోయి పక్కకు తొలుగుతాయి. ఇటుక "చితికింది" అంటాం. గురుత్వాకర్షణ బలంచేత పెద్ద నక్షత్రం సంకోచం పొందినప్పుడు, దాని కేంద్రంలో అంతులేని పీడనం ఏర్పడుతుంది. ఈపీడనం ఒక పరిమితిని మించినప్పుడు నక్షత్రంలోని పరమాణువులు చితికిపోతాయి, వాటి కేంద్రకాలూ, వాటి

చుట్టూ పరిభ్రమించే ఎలెక్ట్రానులూ క్రమంతప్పి కలగాపులగ మైపోయి, వాయువులోని అణువులలాగా అన్ని దిక్కులా పరిగెడతాయి. పీడనం మరింత హెచ్చినప్పుడు ఇవి సంచరించే జాగాతగ్గిపోయి, సహజంగా నక్షత్రంయొక్క సాంద్రత పెరుగు తుంది. పీడనంవల్ల ఘన, ద్రవ పదార్థాల సాంద్రత పెరగదు, కాని వాయుపదార్థాలు సంకోచంపొందుతాయి, అందుచేత వాటి సాంద్రత హెచ్చుతుంది. ఈ విధంగా, నక్షత్రగర్భం లోని చితికిన పరమాణువుల కేంద్రకాల, ఎలెక్ట్రానుల మిశ్రణం పీడనం ఫలితంగా సంకోచంపొందుతుంది. వాయు పదార్థం లాగే దానిసాంద్రత పెరుగుతుంది.

ఇప్పుడు మనం ఈ ప్రశ్నలకు సమాధానం చెప్ప వచ్చు: సూర్యుడూ, ఇతర నక్షత్రాలూ అంతగా సంకోచం పొందడం దేనికి? భూమికూడా సంకోచంపొందుతుందా?

ఎస్. చంద్రశేఖర్, పి. ఎస్. కొఠారీల గణనం ప్రకారం, భూమికన్న 320 రెట్లు బరువుండే వస్తువు లోపలి పీడనం దాని పరమాణువులను విచ్ఛిన్నం చెయ్యడానికి చాలి ఉంటుంది. అంతకంటె ఇంకా హెచ్చుబరువుండే గ్రహంలో ఇంకా హెచ్చు పీడనం ఉండి, పరమాణువులు మరింతగా విచ్ఛిన్నమవుతాయి, సంకోచంఫలితంగా అది చిట్టచివరకు మరింత చిన్నదవుతుంది. ''చిట్ట చివరకు'' అన్నాం. ఏమంటే, మనసూర్యగోళం బరువు, మన భూమి బరువుకు 3,30,000 రెట్లు. అయితే, పరమాణు ప్రతిక్రియవల్ల విడు

దల అయే శక్తి వల్ల గురుత్వాకర్షణబలం ప్రతికృతంఅవుతూ ఉండడంచేత సూర్యుడు సంకోచంపొందడం లేదు. పరమాణు ప్రతిక్రియలన్నీ సమాప్తమయాక సూర్యగోళం సంకోచం ప్రారంభమవుతుంది. ఆస్థితిలో సూర్యుడిలోని పరమాణువులు చితికిపోయి, సూర్యుడివ్యాసం సంకోచంపొంది భూమి యొక్క వ్యాసం ప్రమాణానికి తరిగి పోతుంది. సూర్యుడి కన్న పెద్ద నక్షత్రాలు సంకోచంపొంద నారంభించినప్పుడు, వాటి అంతర్భాగాలలోని పీడనం ఇంకా హెచ్చుగాఉంటుంది గనుక, సంకోచంద్వారా అవి మరింత చిన్న వవుతాయి.

భూమియొక్క అంతర్భాగంలోని పీడనం పరమాణువులను చితకగొట్ట జాలినది కానందున, భూమి సంకోచం పొంద నవసరంలేదు.

ఇంతకూ ఇదంతా నిజమా, లేక శాస్త్రవేత్తల పగటికలా ? ఇందులోని వాస్తవాన్ని ప్రత్యక్షంగా చూడ డానికి మనం వెయ్యికోట్ల సంవత్సరాలు జీవించి ఉండలేమని వేరే చెప్పనవసరంలేదు. అయితే వర్తమాన సాక్ష్యాధారం ఏమైనా ఉన్నదా? ఆ! ఉన్నట్టే కనబడుతుంది....సంకోచం పొందే నక్షత్రాల వర్ణమాలలు తెల్లగా ఉండాలి. వాటి ఉష్ణోగ్రత హెచ్చుగా ఉండాలి. అయితే, వాటి పరిమాణం తక్కువ గనుక వాటిప్రకాశంకూడా తక్కువే ఉండాలి. వాటి బరువు హెచ్చూ, పరిమాణం తక్కువా గనుక వాటి

సాంద్రత హెచ్చుగా ఉండాలి. ఈ లక్షణాలుగల నక్షత్రాలు ఆకాశంలో అనేకం ఉన్నాయి.

నక్షత్రాలన్నిటిలోకీ కాంతిమంతమైన "సిరియస్" కదిలేమార్గం సక్రమంగా లేదని శాస్త్రవేత్తలకు చాలా కాలంగా తెలుసు. ఆ మార్గం దీర్ఘవృత్తాకారంలో ఉన్నదని 1844 లో బెసల్ కనిపెట్టాడు. ఒకనక్షత్రం దీర్ఘవృత్త కక్ష్యలో నడుస్తున్నదంటే అది మరొకదాని చుట్టూ తిరుగుతున్నదన్నమాట. కనుక, సిరియస్ సమీపంలో మరొక నక్షత్రం ఉండిఉండాలని నిర్ధారణచేసుకుని శాస్త్రవేత్తలు టెలిస్కోపులతో ఆప్రాంతాన్ని గాలించారు. 18 ఏళ్ల అనంతరం (1862 లో) ఆల్వాన్ క్లార్క్ తన 18 అంగుళాల టెలిస్కోపు సాయంతో ఈ నక్షత్రాన్ని కనిపెట్టాడు. దానికి "సిరియస్ సహచారి" అని పేరు పెట్టాడు. దాని ప్రకాశం సిరియస్ ప్రకాశంలో 13,000 వ వంతు ఉంటుంది. బరువులో అది మన సూర్యుడికి సమానమైనది, కాని ప్రకాశంలో సూర్యకాంతి 360 వ వంతు మాత్రమే. అదేదో చిన్న అరుణతార అనుకుని దాన్ని ఉపేక్ష చేశారు.

కాని 1914 లో ప్రొఫెసర్ డబ్ల్యు. ఎస్. ఆడామ్స్ ఈ నక్షత్రంయొక్క వర్ణమాలలు ఫొటోగ్రాఫ్ చేయగా ఇది "శ్వేత" నక్షత్రమని బయటపడింది. దాని ఉపరితల ఉష్ణోగ్రత 10,000 డిగ్రీలు. అలా అయితే అది సూర్యుడికన్న

కాంతిమంతమైన దన్నమాట, కాని కాంతిహీనంగా కనబడు తుందేం? దాని వ్యాసం అంచనాకట్టగా అది 17,000 మైళ్లు మాత్రమే నని తేలింది. అంటే భూమి వ్యాసానికి రెట్టిం పన్నమాట. అయితే దానిబరువు భూమి బరువుకన్న 3 లక్షల రెట్లు జాస్తి! దాని సాంద్రత నీటి సాంద్రతకు 2,00,000 రెట్లు. ఇలాటి నక్షత్రాలకు ''తెల్లమరుగుజ్జులు'' అని పేరు పెట్టారు. వీటిబరువూ, పరిమాణమూ, ఉష్ణో గ్రతా గమనించినట్టయితే ఇవి సంకోచంపొందినదశలో ఉన్నట్టు స్పష్టమవుతుంది. కనుక మనం లోగడ చెప్పుకున్న వివరణలు కేవలమూ ఊహాజనితమైనవి కావనీ, వాస్తవ మేననీ మనం నమ్మవచ్చు.

మన సూర్యగోళంకూడా, దానిలోని హైడ్రోజను యావత్తూ వ్యయమైనాక సంకోచంపొందడం ప్రారంభించి ''సిరియస్ సహచారి'' లాగా అవుతుందనడానికి సంశయ మేమీలేదు. భూమినుంచి చూస్తే అది గురుగ్రహం ప్రమా ణంలో కనిపిస్తుంది. చంద్రగోళం అసలు కనిపించనే కనిపిం చదు. భూమియొక్క ఉష్ణోగ్రత 200 డిగ్రీలుంటుంది. అప్పు డిక భూమిపై ఎలాటి ప్రాణులూ జీవించలేవు. అయితే ఈ దశఏర్పడడానికి చాలా ముందుగానే సూర్యుడి ఉష్ణోగ్రత నూరింతలు పెరిగి భూమి మాడి బొగ్గయిపోయి ఉంటుంది. కనుక సూర్యుడు సంకోచంపొంది, క్షయంచెందడం గురించి విచారించడానికి అప్పటికెవరూ మిగలరు.

## పేలే నక్షత్రాలు

నక్షత్రాల పరిణామంలో పైన చెప్పిన దశలలో ఒక్కొక్కటీ గడవడానికి కొన్నికోట్ల యేళ్లు పడుతుంది. అందుచేత ఒకే నక్షత్రంలో ఈదశలన్నీ గమనించడం అసాధ్యం. అయితే ఆకాశంలోగల నక్షత్రకోటిలో ఒక్కొక్క పరిణామదశలో ఉన్నటువంటివి కొన్ని వంద లున్నాయి. వీటిని పరిశీలించడంవల్ల మనకు నక్షత్రపరి ణామం సాధారణంగా ఎలా ఉండేదీ తెలుస్తుంది.

అయితే, కొన్ని నక్షత్రాలు క్రమపరిణామం చెంద డానికి మారుగా ఆకస్మికంగా పేలుతాయి; కొద్దిరోజుల లోనో, కొద్దిగంటలలోనో వాటి ప్రకాశం అనేకలక్షలరెట్లు వృద్ధిచెందుతుంది. పేలకపూర్వం అది కాంతిహీనమైన చిన్న నక్షత్రం అయి ఉండవచ్చు. పేలుడు అనంతరం అది ఆకాశం లోని కాంతిమంతమైన నక్షత్రాలలో ఒకటిగా కనిపిస్తుంది. ఇలా ఆకస్మికంగా దర్శనమిచ్చే నక్షత్రాలకు వెనుకటి నక్షత్రశాస్త్రవేత్తలు "నవ్యతారలు" (Novae) అని పేరు పెట్టారు. గతంలో ఇలాటి "నవ్యతారలు" అనేకం కని పించినట్టు మనం చరిత్రద్వారా తెలుసుకొంటున్నాం. ముఖ్యంగా, క్రీస్తు జన్మించినప్పుడు బెత్లెహాములో కనిపిం చిన కాంతిమంతమైన నక్షత్రం నవ్యతార అయి ఉండాలని శాస్త్రవేత్తల అభిప్రాయం. క్రీ.శ. 1504 లో తాము ఒక నవ్యతారను చూసినట్టు చీనావారు తమ గ్రంథాలలో

పేర్కొన్నారు. డేనిష్ శాస్త్రవేత్త టైకో బ్రాహే 1572 లోనూ, యోహాన్ కెప్లర్ 1604 లోనూ అతి కాంతిమంత మైన నవ్యతారలను చూసినట్టు వ్రాశారు. టెలిస్కోపులు ఉపయోగంలోకి వచ్చాక కొన్ని వందల ఏళ్లపాటు అలాటి నవ్యతారలు కనిపించలేదు. 1918 లో ''అక్విలా'' రాశిలో ఒక నవ్యతార కనిపించి, కొద్దిరోజులపాటు సిరియస్‌ను మించి ప్రకాశించి, తరువాత అంతర్ధానమయింది. భూమిపై గల అనేక ప్రాంతాలనుంచి ఈ నక్షత్రాన్ని చక్కగా పరిశీలించి, దానివర్ణమాల తాలూకు ఫొటోలు అనేకం తీశారు. ఈ పరిశీలనలద్వారా అనేక కొత్త విషయాలు తెలిశాయి.

కాంతిమంతమైన ఈ నవ్యతారలు గాక అనేక చిన్న నక్షత్రాలు కంటికి కనిపించకుండా పేలడం జరగవచ్చు. భూమిమీదగల అనేక టెలిస్కోపులు నిత్యమూ ఆకాశాన్ని ఫొటోగ్రాఫ్ చేస్తూండడంచేత పేలుడు నక్షత్రాలప్రకాశం హెచ్చడం వెంటనే తెలిసిపోతున్నది. మన నక్షత్రకూటం (పాలవెల్లి) లోనే ఏటా 20 నక్షత్రాలదాకా పేలుతున్నట్టు అంచనావేశారు. అయితే పేలుడునక్షత్రాలన్నీ ఒకే పరిమాణంగలవి కావు. కొన్ని ఎంతకాంతిమంతంగా ఉంటాయంటే పట్టపగలే వాటిని చూడవచ్చు. మరి కొన్ని టెలిస్కోపులోనుంచి చూస్తేగాని కనబడవు. ఈ తేడాకు కారణం ఆ నక్షత్రాలకూ, మనకూ మధ్యగల దూరంలోని వ్యత్యాసమే. అవన్నీ ఒకేదూరంలో ఉన్నట్టయితే వాటి

ప్రకాశం ఇంచుమించు ఒకటిగానే — అంటే, సూర్యుడి ప్రకాశానికి 2,00,000 రెట్లు—ఉంటుంది.

వీటిమాట అలాఉంచి, అప్పుడప్పుడూ బ్రహ్మాండమైన పేలుడులు జరగవచ్చు. బెత్లెహామ్, టైకో, కెప్లర్ నక్షత్రాలు ఇలాటివి. వీటి కాంతి సూర్యుడికాంతి కన్న కొన్ని వందలకోట్ల రెట్లుంటుంది. మన నక్షత్రకూటంలో అలాటి పేలుడు సుమారు మూడువందల సంవత్సరాలకొకటి జరుగుతుంది. వీటిని "అతీత నవ్యతారలు" (Supernovae) అంటారు. ఇలాటి పేలుడులు చాలా అరుదుగా జరుగుతాయి గదా, వాటిని పరిశీలించి అవగాహన చేసుకునేదెలా! ఇందుకుకూడా మార్గం లేకపోలేదు.

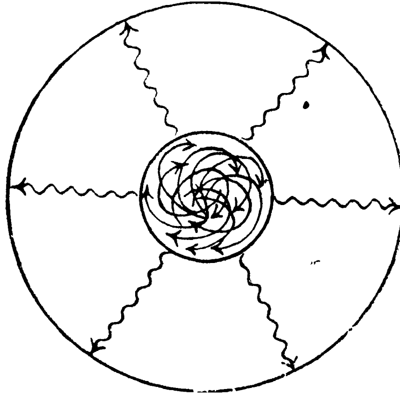
మన నక్షత్రకూటంలో ఇరవై వేలకోట్ల నక్షత్రాలున్నట్టు అంచనా వేశారు. ఆకాశంలో మన నక్షత్రకూటంలాటివి అనేకకోట్లు ఉన్నట్టు మనకు తెలుసు. వాటి దూరాలు ఎంతెంతో విస్తారమైనవి. వాటిని గురించి పై ప్రకరణంలో తెలుసుకుందాం. మన నక్షత్రకూటంలోలాగే ఇతర నక్షత్రకూటాలలోకూడా ఈ బ్రహ్మాండమైన పేలుడులు జరుగుతూ ఉండిఉండాలని అమెరికను శాస్త్రవేత్త జ్వికీ ఊహించాడు. ఆయన సుమారు 400 నక్షత్ర కూటాలను, రోజుకొక ప్రాంతం చొప్పున ఫొటోగ్రాఫ్ చేస్తూ పరిశోధించాడు. రెండు నెలలపాటు కొత్తవిమయూ లేమీ కనిపించలేదు, కాని 1937 ఫిబ్రవరి 16 న ఒక బ్రహ్మాండమైన

పేలుడు ఫొటోలో కనబడింది. ఆ పేలుడు NGC 4157 నక్షత్రకూటంలో కలిగింది. పేలిన నక్షత్రం కాంతి, ఆనక్షత్ర కూటంలోని అన్ని వేలకోట్ల నక్షత్రాలకాంతిసీమించిఉన్నది. ఆ నక్షత్రకూటం మనకు 40 లక్షల కాంతి సంవత్సరాల దూరాన ఉన్నది గనుక ఆ పేలుడు 40 లక్షల సంవత్సరాల క్రితం, అనగా భూమిపై మానవుడు అవతరించడానికి చాలా ముందే, జరిగిఉండాలి! ఇలాటి పేలుడులు ఇతర నక్షత్ర కూటాలలోకూడా గమనించబడ్డాయి.

నక్షత్రాలెందుకు పేలుతాయి? పేలుడు నక్షత్రం వెలుపలమాత్రమే జరిగి, దాని అంతర్భాగం చెక్కుచెదరకుండా ఉంటుందా? లేక నక్షత్రంయావత్తూ పేలి ముక్కలు ముక్కలవుతుందా? ఈ ప్రశ్నలకు సమాధానా లింతవరకు లభించలేదు. ఈ విషయమై గమోవ్, జ్వికీ, క్రిచ్‌ఫీల్డ్, లాంగ్‌మయర్ మొదలైన శాస్త్రవేత్తలు పరిశోధనలు జరుపుతున్నారు. వారి అభిప్రాయంలో ఈ కింది వివరణ సరి అయినది కావచ్చు:

నక్షత్రాల అంతర్భాగాలలో పరమాణు ప్రతిక్రియల ఫలితంగా ఉత్పన్నమయే అంతులేనిశక్తి ఉపరితలాన్ని చేరడానికి రెండు మార్గాలున్నాయి. ఒకటి, నక్షత్రంలోపల ఉష్ణోగ్రత చాలా హెచ్చుగనుక, వేడివాయువులు కెటిలులో మరిగే నీటిలాగా, పైకీ కిందికీ కొట్టుకుంటూ, ఉష్ణశక్తిని బయటికి సంవాహనంచేస్తాయి. కాని దాన్ని చుట్టి

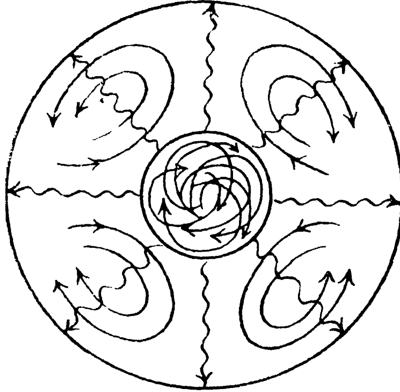
ఉండే భాగాలలో సంవాహనం (convection) ఉండదు. ఉష్ణం ఉపరితలాన్ని చేరడం వాహనం (conduction) ద్వారా జరుగుతుంది. సంవాహనం మూలాన కేంద్రంలోని హైడ్రోజను యావత్తూ పూర్తిగా నిర్మూలమైపోతుంది. నక్షత్రంలో ఉండే హైడ్రోజను మొత్తంలో ఇది సుమారు 10 శాతం ఉంటుంది. వెలుపలి భాగంలో మిగిలి ఉండే 90 శాతం మార్పు చెందదు.



పటము 22

"మారని నక్షత్రాల ఉష్ణోగ్రత" : నక్షత్రం లోపల ఉండే హైడ్రోజను వినియోగం కావడంచేత నక్షత్రం ఒకే ఉష్ణోగ్రత కలిగి ఉంటుంది. దానిచుట్టూ ఉండే హైడ్రోజను వ్యయంకాదు.

అయితే నక్షత్రాలు తమచుట్టూ తాము తిరుగుతూంటాయి గనుక, వెలుపలఉండే హైడ్రోజను లోపల ఉండే దానితో కలుస్తూనే ఉంటుంది. అందుచేత, నక్షత్రం లోని హైడ్రోజను పూర్తిగా వ్యయమయినదాకా అందులో పరమాణుప్రతిక్రియలు సాగుతూనే ఉంటాయి. హైడ్రోజను పూర్తిగా నిర్మూలమైనాక నక్షత్రం సంకోచంపొందనారంభిస్తుంది. దానివ్యాసం తగ్గిపోతుంది. దాని ఉపరితల కాంతీ,



పటము 23

"పరిభ్రమించే నక్షత్రాలలో హైడ్రోజను వినిమయం": హైడ్రోజను పూర్తిగా వ్యయమైపోయిన తరువాత నక్షత్రం సంకోచం పొందుతుంది. ఇలాటి నక్షత్రాలలో బ్రహ్మాండమైన పేలుడు కలిగి నవ్యతారలు ఏర్పడవచ్చు.

ఉష్ణోగ్రతా హెచ్చుతాయి; అందుచేత అది రసెల్ డయా గ్రంలోని ప్రధానశ్రేణికి ఎడమపక్కగా జరుగుతుంది.

నక్షత్రం సంకోచంపొందడంవల్ల ఏర్పడే వేడి హెచ్చుతూ పోతుంది, కనుక ఉష్ణోగ్రత ఒక పరిమితిని మించినప్పుడు దాని వికిరణ పీడనంవల్ల నక్షత్రం తాలూకు ఉపరితల వాయువు విరజిమ్మబడుతుంది. ఈవిధంగా, కేంద్రంలో హెచ్చు ఉష్ణోగ్రతగల చిన్న నక్షత్రాలుండి, వాటి నావ రించిఉండే వాయుమండలం వ్యాకోచంపొందే నిదర్శనా లనేకం ఉన్నాయి. నక్షత్రం ఇంకా సంకోచంపొంది, ఉష్ణో గ్రత అనేక వేలకోట్ల డిగ్రీలందుకుంటుంది. అప్పుడు ఒక కొత్తరకం కేంద్రక ప్రతిక్రియ జరగవచ్చు. ఇంత హెచ్చు ఉష్ణోగ్రతలో ''న్యూట్రినో''లు పెద్ద మొత్తాలలో వెలువ రించబడతాయని గమోవ్, షోన్బర్గులు కనిపెట్టారు. ''న్యూట్రినో'' అనేది బరువుగాని, విద్యుదావేశంగాని లేని కణం. అందుచేత అది దేనినీ తాకకుండా చాలాదూరం పోగలదు. ఈ న్యూట్రినోలు నక్షత్రంలోని అంతర్భాగం నుంచి వేడిని తీసుకుపోవడంచేత నక్షత్రం ఒక్కసారిగా చల్లబడి, పూర్తిగా సంకోచం పొందుతుంది. ఈ ఆకస్మిక సంకోచంకారణంగా శక్తి భారీ ఎత్తున వెలువరించబడి, నక్షత్రం పేలి, అందులో హెచ్చుభాగం ధ్వంసమై పోతుంది. ఇదే ''అతీత నవ్యతార''గా కనిపిస్తుందని నమ్ము తున్నారు.

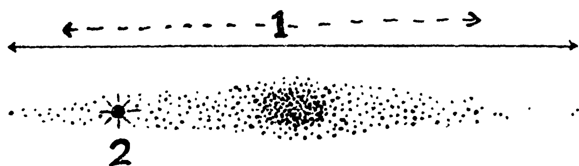
నక్షత్రంలోని వాయువులన్నీ సరిగా కలవనప్పుడేం జరుగుతుంది ? అలాంటి నక్షత్రాలలోపలి హైడ్రోజనంతా పూర్తిగా నిర్మూలమైనాక, వెలుపలిభాగాలలో ఉండే హైడ్రోజను ఒక పక్కనుంచి "అంటుకుని" క్రమంగా వ్యాపిస్తుంది. నక్షత్రంలోని అత్యుష్ణమండలం వ్యాసం ఒక పరిమితికి పైబడినట్టయితే, మార్పుచెందే దాని అంతర్భాగం యొక్క స్థితికి అవ్యవస్థ ఏర్పడుతుందని గణనంద్వారా తెలుస్తున్నది. దీనిఫలితమేమంటే, వ్యాకోచించే నక్షత్రంయొక్క వేడితోకూడిన అంతర్భాగాన్ని వినిమయంకాకుండా ఉన్న హైడ్రోజను సోకినప్పుడు మంటలపైన చల్లని పెట్రోలు దిమ్మరించినట్టవుతుంది ! ఒక్కక్షణంలో పరమాణుశక్తి వెలువడి నక్షత్రం బ్రహ్మాండంగా పేలిపోతుంది. పేలుడు శక్తి ఏప్రమాణంలో ఉంటుందనేది నక్షత్రం అంతర్భాగంలో "మండే" పదార్థాల వ్యాకోచంపైన ఆధారపడి వుంటుంది. వ్యాకోచం హెచ్చుగావుంటే పేలుడుకూడా హెచ్చుగానే వుంటుంది. దీనినిగురించి ప్రపంచమంతటా ఇప్పుడు చురుకుగా పరిశోధనలు గణితరీత్యా జరుగుతున్నాయి.

# 6. నక్షత్రకూటము, విశ్వము

మేఘాలుగాని, చంద్రుడుగాని లేని నిర్మలమైనరాత్రి మనం ఆకాశాన్ని చూసినట్టయితే మిణుకు మిణుకు మనే నక్షత్రాలు వేలకొద్దీ కనిపిస్తాయి. అవిగాక మనకు, ఆకాశం ఈచివరనుంచి ఆచివరకు విస్తరించి మబ్బులాగా, తెల్లని చార ఒకటి కనిపిస్తుంది. ప్రాచీన గ్రీకులు దీనిని "పాల పుంత" అన్నారు. ఆకాశం ఒకపక్కనుంచి మరొకపక్కకు పాలనది ఒకటి ప్రవహిస్తున్నట్టు వారు భావనచేశారు.

ఈ పాలపుంతలో అనేకకోట్ల నక్షత్రాలున్నట్టు గలీలియో తన మొట్టమొదటి టెలిస్కోపుతో కనిపెట్టాడు. కాలక్రమాన ఇంకా మంచిటెలిస్కోపులు వచ్చినమీదట పాలపుంతలోని నక్షత్రాలసంఖ్య పెరిగింది. ఈనాడు గల శక్తిమంతమైన టెలిస్కోపులతో పాలపుంతలోని నక్షత్రాలలో అధికభాగం కనిపిస్తాయి. వాటి సంఖ్య సుమారు 20,000 కోట్లని అంచనా వేశారు. వీటిలో ప్రతి నక్షత్రం మన సూర్యుడులాంటి నక్షత్రమే. అవి మనకు చాలా

దూరంగా ఉండడంచేత చిన్నచిన్న చుక్కల్లాగా కనిపి స్తాయి. అవి ఒత్తుగా ఉండడంచేత చల్లినట్లు, మేఘంలాగా మనకు కనబడతాయి.




పటము 24

1. : ఒక లక్ష కాంతిసంవత్సరాలు; 2. : సూర్యుడు.

"మన నక్షత్ర కూటం" : ఇది ఉన్నతోదర కటకం ఆకారంలో ఉన్నది. దీని వ్యాసం సుమారు 1,00,000 కాంతిసంవత్సరాలు. నడిమిభాగంలో దీని మందం సుమారు 10,000 కాంతిసంవత్సరాలు. దీని కేంద్రం నుంచి 30,000 కాంతిసంవత్సరాలదూరంలో మన సౌర కూటం ఉన్నది.

పాలపుంతలో నక్షత్రాలు ఒత్తుగానూ, దాని కిరు ప్రక్కలా పలచపలచగానూ ఉన్నందున, శాస్త్రవేత్త హెర్షల్, నక్షత్రాలన్నీ అణచిన చక్రం ఆకారంలో ఉన్నా యనీ, మన సూర్యగోళం ఆ నక్షత్రాలలో ఒకటి అనీ ఊహించాడు. (పటం 24). ఆయన సిద్ధాంతం ప్రకారం,

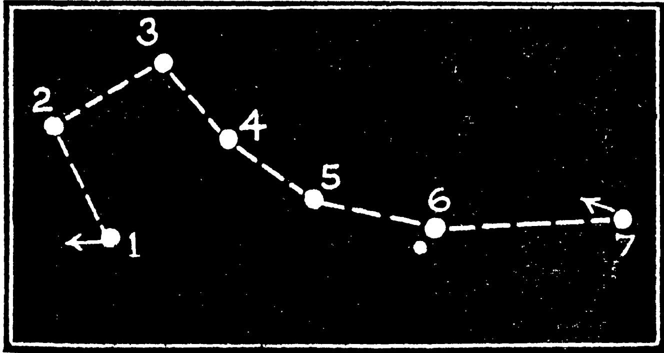
నక్షత్రాలన్నిటినీ కొంత మందంగల పళ్లెంలాంటి సమతలంలో అమర్చి, ఆ తలంలో సూర్యుడుకూడా ఒక బిందు వనుకున్నట్టయితే, ఆ తలానికి అడ్డంగా (సమకోణంలో) చూసినట్టయితే కొద్దినక్షత్రాలే కనిపిస్తాయి; తలం వెంబడి చూసినట్టయితే నక్షత్రాలలో హెచ్చుభాగం కనిపిస్తాయి. ఆకాశంలో మనకు కనిపిస్తున్నదికూడా ఇదే. ఈనాటి సిద్ధాంతం ప్రకారం ఈ 20,000 కోట్ల నక్షత్రాలూ ఒక బ్రహ్మాండమైన ఉన్నతోదరకటకం (convex lens) ఆకారంలో అమరి ఉన్నాయి. ఈ కటకంయొక్క వ్యాసం నిడివి దాదాపు ఒక లక్ష కాంతి సంవత్సరాలు. అంటే, సెకండుకు 1,86,000 మైళ్ల వేగంతో ప్రయాణించే కాంతి ఈ మహాచక్రం ఒకపక్కనుంచి రెండవపక్కకు చేరుకోవడానికి లక్ష సంవత్సరాలు పడుతుంది! ఈ సంగతి అలావుంచి ఈచక్రం అవిచ్ఛిన్నంగా లేదనీ, ఇందులో రెండు సర్పిలాకారంగల విభాగాలు చేరి ఉన్నాయనీ మనకు తెలుసు. ఈబ్రహ్మాండమైన సర్పిలం ఒక నక్షత్రకూటం (galaxy) (ఫొటో-3). ఈ నక్షత్రకూటం నడిభాగం మందం 10,000 కాంతి సంవత్సరాలు. మన సూర్యగోళం ఈ కేంద్రానికి 30,000 కాంతి సంవత్సరాల దూరంలో ఉన్నది. అది పైన చెప్పిన సర్పిల విభాగాలలో ఒక దానిలో ఉన్నది. ధనూరాశి దిక్కుగా ఉన్న నక్షత్రకూట కేంద్రంలో నక్షత్రాలు చాలా ఒత్తుగా ఉన్నాయి. కనుక ఆదిక్కుగా మనకు పాలపుంత ఎంతో కాంతిమంతంగా

కనిపించాలి. అయితే ఈ రాశికీ మనకూ మధ్య విస్తృత మైన శీతల బాష్ప మేఘాలు అడ్డంగా ఉండి నక్షత్రకూట కేంద్రాన్ని మనకు కనబడనివ్వకుండా చేస్తున్నాయి.

చక్రాకారంగల నక్షత్రకూటం దాని కేంద్రంమీద నింపాదిగా పరిభ్రమిస్తున్నది. అది ఒక్కచుట్టు తిరగడానికి 20 కోట్ల సంవత్సరాలకన్న హెచ్చుకాలం పడుతుంది. అయితే నక్షత్రకూటం అర్ధవ్యాసం (కేంద్రంనుంచి అంచుకు గలదూరం) చాలాపెద్దది గనుక దాని అంచునగల నక్షత్రాలు చాలా వేగంతో కదులుతాయి. మన సూర్యుడూ, గ్రహాలూ కేంద్రంనుంచి 30,000 కాంతి సంవత్సరాల దూరాన ఉండడంచేత అవి పరిభ్రమణం కారణంగా సెకండుకు 180 మైళ్ల వేగంతో కదులుతూ, 20 కోట్ల ఏళ్లలో ఒక్కచుట్టు తిరిగి వస్తాయి. గోళాకారంతో ఆరంభమైన నక్షత్రకూటం ఇలా చదును కావడానికి ఈ పరిభ్రమణమే కారణం కావచ్చు.

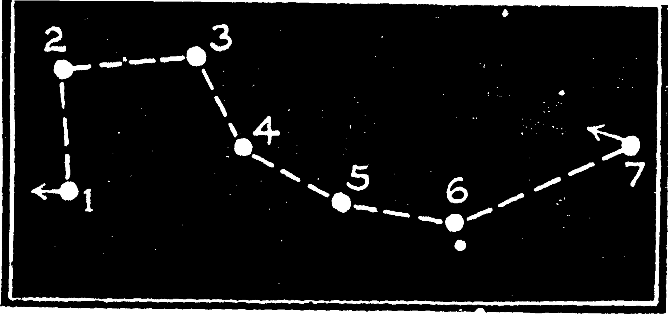
ప్రాచీన గ్రీకు నక్షత్రవేత్తలు కొన్ని నక్షత్రాలను ''నిశ్చల తార'' లనీ, వాటి మధ్యగా తిరిగే గ్రహాలకు ''సంచలన తారలు'' (Wanderers or Planets) అనీ నామకరణంచేశారు. అయితే ఇప్పుడు, ఈ నిశ్చలతారలన్నవి గ్రహాలకన్నకూడా హెచ్చువేగంతో కదులుతాయని తెలుస్తున్నది! అయితే అవి అంతులేని దూరాలలోఉండడంచేత

శతాబ్దుల తరబడికూడా వాటి స్థానచలనం తెలియరావడం లేదు. రాశులు మార్పులేకుండా ఉన్నట్టు కనిపిస్తాయి. అయితే అనేకసంవత్సరాల వ్యవధిలో పెద్ద టెలిస్కోపులతో ఫొటోలు తీసిచూస్తే వాటిలో కొద్దిపాటి మార్పు కనిపిస్తుంది. ఈ కొద్దిమార్పునుబట్టీ, ఆ నక్షత్రాలుండే దూరాన్నిబట్టీ వాటివేగాన్ని మనం గుణించవచ్చు. ఈ వేగాల ఆధారంతో, మనకు సుపరిచితమైన సప్తర్షి మండలం ఒక లక్ష సంవత్సరాలక్రితం ఎలాకనిపించినదీ, ఒక లక్ష సంవత్సరాల అనంతరం ఎలా కనిపించబోయేదీ తెలుసుకోవచ్చు. ఈ మార్పులు పటం 25 లో చూపబడ్డాయి.



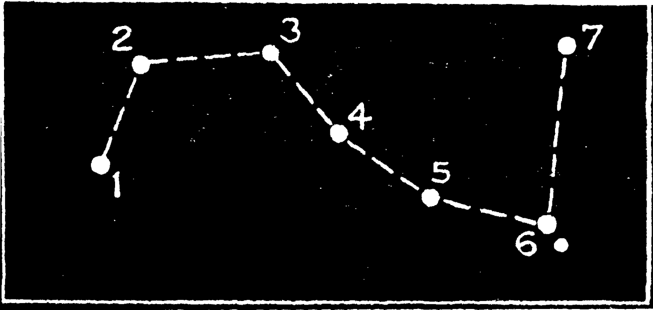

పటము 25 (అ)

'సప్తర్షి మండలం" : లక్షయేళ్ల క్రితం




పటము 25 (అ)

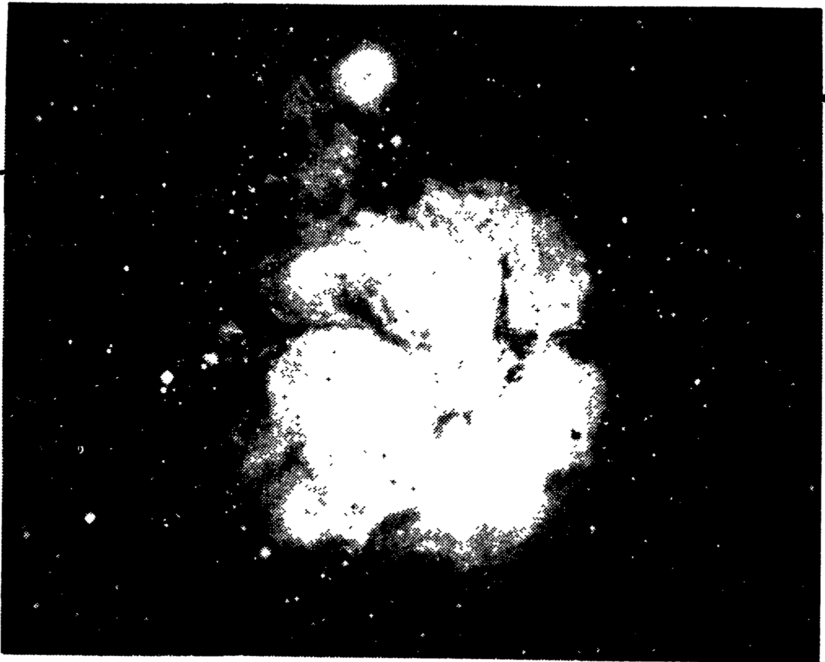
"సప్తర్షి మండలం" : ఇప్పుడు



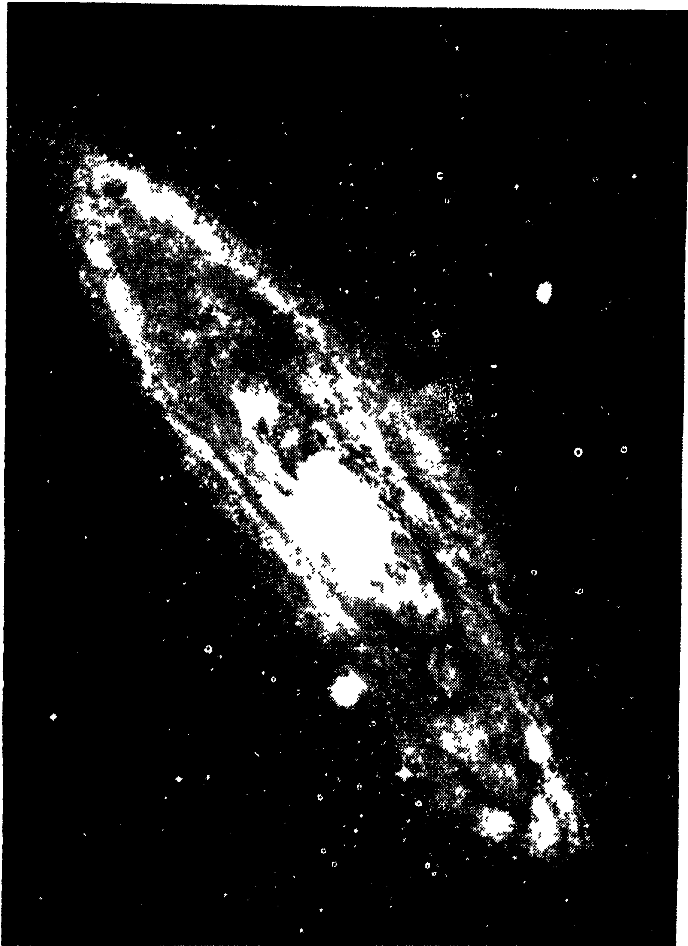

పటము 25 (ఇ)

"సప్తర్షి మండలం" ; లక్షయేళ్ల అనంతరం

ఈ ఏడు నక్షత్రాలలోనూ 1, 7 సంఖ్యలుగలవి భిన్న దిక్కులలో, భిన్న వేగాలతో కదులుతున్నాయి.



ఫొటో - V.
మూడుఖండాల నెబులా
ధనుర్రాశిలో.



ఫొటో - VI. ఆంద్రమీడాలోని బ్రహ్మాండమైన నెబులా: ఇది వాస్తవంగా నెబులా కాదు— సర్పిల నక్షత్రకూటం; 20 లక్షల కాంతి సంవత్సరాల దూరాన ఉన్నది. మనకు అత్యంతసన్నిహితంగా ఉన్న నక్షత్రకూటం ఇదే.



ఫొటో - VII. వెలుపలి నక్షత్రకూటం.
పక్కవాటంలో.

మిగిలిన అయిదూ్ ఒకే దిక్కుగా, ఒకే వేగంతో కదులుతున్నాయి. ఈ నక్షత్రాలమధ్యగల దూరంకూడా చాలా తక్కువని మనకు తెలుసు. అందుచేత, రెండు మొదలు ఆరు సంఖ్యదాకా గల నక్షత్రాలు నిజంగా ఒక కూటంలోనివని చెప్పాలి.

బాహ్య నక్షత్ర కూటాలు

గత శతాబ్దిలో ఆకాశాన్ని టెలిస్కోపుతో పరిశీలించినప్పుడు, అనేక వేల కోట్ల చుక్కలమధ్య అస్ఫుటమైన చిన్న చిన్న పింజెలలాటివి కనిపించాయి. కొన్ని పొగ తెరలలాగానూ, మరికొన్ని గుండ్రని మసక మరకలలాగానూ కనిపించాయి. ఇవి టెలిస్కోపులో చూసినా స్ఫుటంగా లేకపోవడంచేత వీటికి ''నెబులా'' (మబ్బు) అనే పేరు వచ్చింది. పెద్దపెద్ద టెలిస్కోపులు ఉపయోగంలోకివచ్చాక, ఈ మబ్బులలాటి ''నెబులాలు'' నక్షత్రాలమధ్య వ్యాపించి ఉన్న వాయువులనీ, నక్షత్ర కాంతిలో అవి మబ్బులలాగా కనిపిస్తున్నాయనీ స్పష్టమయింది. ''ఒరయాన్'' రాశిలోని పెద్ద ''నెబులా'', (ఫొటో 4) ధనూరాశిలోని త్రిఖండి నెబులా (ఫొటో 5) ఈ తరగతికి చెందినవి. అయితే వేల సంఖ్యలో ఉండిన మిగిలిన గుండ్రని నెబులాలు ఎలాటివో తెలియరాలేదు, వాటి దూరాలుకూడా తెలియలేదు.

1918 లో, అమెరికాలోని మౌంట్ విల్సన్ కొండపై 100 అంగుళాల పెద్ద టెలిస్కోపు ఏర్పాటైనాక, అనేక కొత్తవిషయాలతోబాటు ఈ గుండ్రని నెబులాల రహస్యం కూడా బయటపడింది. ''అండ్రామిడా'' రాశిలోని గుండ్రని నెబులా టెలిస్కోపు సాయంలేకుండానే కనిపిస్తుంది. 1920 లో ఎడ్విన్ హబుల్ 100 అంగుళాల టెలిస్కోపుతో ఈ నెబులాను పరిశీలించగా అది ఒక బ్రహ్మాండమైన సర్పిల చక్రమనీ, దానినిండా అసంఖ్యాకమైన చుక్కలున్నాయనీ తెలియవచ్చింది (ఫొటో 6). అందులో సిఫేడ్ వేరియబుల్స్ లాంటి మారేనక్షత్రాలు (122 వ పేజీ చూడండి) కానవచ్చాయి.

122-125 పేజీలలో వివరించిన విధంగా మారే నక్షత్రాల ఆవర్తనకాలాన్ని బట్టి నెబులా ఉండే దూరాన్ని అంచనాకట్టగా అది కనీసం 9 లక్షల కాంతి సంవత్సరాల దూరానఉన్నట్టు తేలింది. అనగా అది ఉండే దూరం మన నక్షత్రకూటంయొక్క వ్యాసానికి 9 రెట్లు. ఈనాటి లెక్కల ప్రకారం ఈ నెబులా 20 లక్షల కాంతిసంవత్సరాలదూరాన ఉన్నది. ఈ నెబులాయొక్క వ్యాసం నిడివి ఇంచుమించు మననక్షత్రకూటంయొక్క వ్యాసం నిడివికి సమానం. కనుక ఈ సర్పిలాకారంగల నెబులా ఒక సర్పిల నక్షత్రకూటమనీ, అందులో అనేక వేలకోట్ల నక్షత్రాలుంటాయనీ స్పష్టమవుతున్నది.

ఫొటో 6 లో, ఈ నెబులా కేంద్రం విడిగా చూడడం సాధ్యంగాని కోట్ల నక్షత్రాల గుంపులాగా కనిపిస్తున్నది. దీనిచుట్టూ సర్పిలాంగాలున్నాయి. ఈ అంగాలలో అసంఖ్యాకమైన నక్షత్రాలున్నాయి. (ఫొటోలో కనిపించే చుక్కలు మననక్షత్రకూటానికి చెందినవి.) ఈ నక్షత్రకూటం కొద్ది వాలులోమాత్రమే మనకు కనిపించడం చేత దాని సర్పిలాంగాలు పూర్తిగా మనకు కనిపించడం లేదు.

పెద్ద టెలిస్కోపులలో చూస్తే ఇలాటి నక్షత్రకూటాలు కోట్లసంఖ్యలో మనకు కనిపిస్తాయి. వీటిలో అనేక వాటి సమతలం మనకు సమకోణంలో ఉండడంచేత సర్పిలాకారాలు స్పష్టంగా కనిపిస్తాయి. ఇది ఫొటో 3 లో బాగా తెలుస్తుంది. కొన్ని నక్షత్రకూటాలు మనకు పక్కవాటంగా ఉండడంచేత అవి సమరేఖల్లాగా కనబడతాయి. ''కోమా బెర్నిసెస్'' రాశిలో ఇలా పక్కవాటంలో ఉన్న నక్షత్రకూటం ఫొటో 7 లో స్పష్టంగా కనిపిస్తుంది. ప్రపంచంలోకెల్లా పెద్దదైన 200 అంగుళాల టెలిస్కోపుతో 200 కోట్ల కాంతి సంవత్సరాల దూరం చూడవచ్చు. మనం ఏవైపుగా చూసినా, కనిపించినంతమేర ఒకే విధమైన నక్షత్రకూటాలు అసంఖ్యాకంగా కనిపిస్తాయి. ఆకాశంయొక్క వివిధ భాగాలను ఫొటోగ్రాఫ్ చేస్తే ఆఫొటోలలో ఈ నక్షత్రకూటాలు కనిపిస్తాయి. 17 అంగుళాల నిడివి, 14 అంగుళాల వెడల్పా

గల ఫొటోలో ఒక్కొక్కప్పుడు 2,000 చిల్లర నక్షత్ర కూటాలను లెక్కించవచ్చు! ఈ విధంగా అంచనాకట్టగా అన్నివైపులాగల నక్షత్రకూటాల సంఖ్య సుమారు 500 లక్షల కోట్లని తేలింది! ఈ అన్నినక్షత్రకూటాలతోనూ కూడిన ఆకాశమే విశ్వం.

విశ్వం యొక్క వ్యాసాన్ని అంచనాకట్టడం సాధ్యం కాదు. మౌంట్ పాలోమార్ మీది (200 అంగుళాల) టెలిస్కోపుతో 200 కోట్ల కాంతి సంవత్సరాల దూరమే చూడ గలం. కాని అంతకన్న శక్తిమంతమైన టెలిస్కోపు నిర్మాణ మైనట్టయితే ఇంకా హెచ్చుదూరం చూడవచ్చు. విశ్వపు కొలతలుకూడా పెరుగుతాయి.

## వ్యాకోచించే విశ్వం

విశ్వం ఇంతపెద్దదై ఉండికూడా, అది అతివేగంగా అన్నివైపులా పెరిగిపోతూండడం ఆశ్చర్యకరం. దాదాపు 35 ఏళ్ళక్రితం అమెరికను శాస్త్రవేత్త ఎడ్విన్ హాబుల్ తన నక్షత్రపరిశోధనలలో విశ్వాన్ని గురించి ఒక కొత్తవిషయం కనిపెట్టాడు. టెలిస్కోపుకు స్పెక్ట్రోస్కోపు ఒకటి జతచేసి దూరానగల నక్షత్రకూటాల వర్ణమాలలను ఫొటోగ్రాఫ్ చెయ్యగా, ఆనక్షత్రకూటాలన్నీ భూమినుంచి అతివేగంగా దూరమైపోతున్నట్టు బయటపడింది. దగ్గరలో ఉండే నక్షత్రకూటాల వేగం తక్కువ, వాటిదూరం హెచ్చినకొద్దీ అవి నిర్గమించే

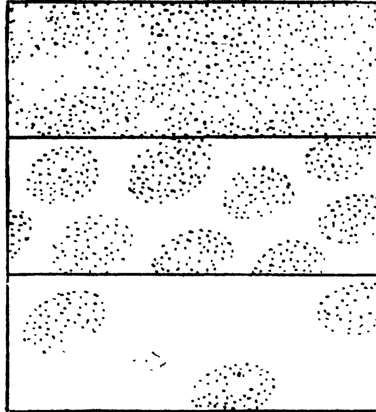
వేగంకూడా హెచ్చుతుంది. భూమికి మరీదూరంగా ఉన్న కొన్ని నక్షత్రకూటాలు సెకండుకు 60,000 మైళ్ళ వేగంతో వెళ్లిపోతున్నాయి.

బ్రహ్మాండమైన ఈ నక్షత్రకూటాలు సముద్రంలో నీటిబొట్టులాటి మన భూమినిచూసి భయపడినట్టుగా ఎందుకిలా పారిపోతున్నాయి?

నిజానికి అవి మనభూమినుంచి పారిపోవడంలేదు, వాటిలో ప్రతికూటం మిగిలినవాటినుంచి ఎడంగాపోతున్నది. ఒక బెలూను తీసుకొని, దానిపైభాగాన సిరాతో చాలా చుక్కలుపెట్టి, దానిలోకి గాలి ఊది, ఏమిజరిగేదీ గమనించండి. బెలూను పెద్దదైనకొద్దీ చుక్కలమధ్యదూరం హెచ్చుతుంది. ప్రతి బిందువూ మిగిలిన చుక్కలనుంచి ఎడంగాపోతుంది. ఆచుక్కలలో ఒకదానిపైన మనం ఉండి చూడగలిగినట్టయితే మిగిలినచుక్కలన్నీ మననుంచి దూరంగా పరిగెత్తిపోతున్నట్టు కనిపిస్తుంది. హెచ్చుదూరాన ఉన్న చుక్కలు హెచ్చువేగంతో పారిపోతూంటాయి.

హబుల్ కనిపెట్టిన విషయానికి ఆధారకారణమేదో ఈ ఉదాహరణనుబట్టి మనం తెలుసుకోవచ్చు. అనేక వందల కోట్ల నక్షత్రకూటాలతోకూడిన ఆకాశం (space) బెలూనులాగా వ్యాకోచిస్తున్నది. వ్యాకోచించే ఆకాశంతో బాటు నక్షత్రకూటాలు, బెలూనుమీది చుక్కలలాగా, ఈడ్వబడుతున్నాయి.

అలాటి పరిస్థితిలో, సుమారు 900 కోట్ల సంవత్సరాల అనంతరం, ఇప్పుడు నక్షత్రకూటాలమధ్య ఉన్న ఎడం రెట్టింపు కావలసిందేగద? అదే విధంగా 900 కోట్ల-ఏళ్లక్రితం ఈనక్షత్రకూటాలూ, వాటిలోని నక్షత్రాలూ కలిసి ఉండి ఉండాలి. నక్షత్రకూటాల వివక్షత లేకుండా అన్ని నక్షత్రాలూ చాలా ఒత్తుగా ఒకే అండంగా ఉండి ఉండాలి. ఆకాశం వ్యాకోచించనారంభించినప్పుడు ఈ నక్షత్రాండం పగిలి వేరువేరు ఖండాలుగా ఏర్పడి, ఆకాశంతోబాటు అవి కూడా అన్నివైపులకూ కదలనారంభించాయి. ఈ ఖండాలే నక్షత్రకూటాలు.



పటము 26

"వ్యాకోచించే ఆకాశంలో నక్షత్రకూటాల సృష్టిక్రమం"

ఇలా చీలిపోయిన నక్షత్రకూటాలు వ్యాకోచించే విశ్వం వెంట కదిలిపోతూ, ఒకదానికొకటి దూరమై పోతున్నాయి. నక్షత్రకూటాలు వ్యాకోచించడంలేదు. వాటి ప్రమాణం ఒకేవిధంగా ఉంటున్నది, లేదా కొద్దిగా తగ్గుతున్నది. వాటిమధ్యగల దూరమే పెరుగుతున్నది.

నక్షత్రకూటాల మధ్య ఎడం జాస్తికాకపూర్వం వాటి మధ్య ఉండిన గురుత్వాకర్షణఫలితంగా వాటికి పరిభ్రమణం కలిగే ఉండాలి. ఈ గురుత్వాకర్షణ ఫలితంగానే వాటినుంచి నక్షత్రపుంజాలతోకూడిన శాఖలు వెలువడి ఉండాలి. నక్షత్రకూటాలు సంకోచం పొందినకొద్దీ వాటి పరిభ్రమణవేగం హెచ్చుతుంది. వాటినుంచి వెలువడిన శాఖలు నక్షత్రకూటాలను చుట్టివేసి ఈ నాడు మనంచూసే సర్పిలాంగాలు (spiral arms) గా ఏర్పడ్డవని ఊహిస్తున్నారు.

ఆరంభంలో....

మన విశ్వంయొక్క సృష్టికి సంబంధించి ఇంతవరకు చెప్పుకున్న ప్రధానవిషయాలను ఈ విధంగా సంక్షేపించవచ్చు. ఆరంభదశలో, అనగా నక్షత్రకూటాలుగాని, నక్షత్రాలుగాని ఏర్పడకపూర్వం, ఈనాడు మనం చూసే విశ్వం చాలా చిన్నప్రమాణంగలదై ఉండాలి. చిన్నదంటే కొద్ది కాంతి సంవత్సరాల వ్యాసంగల దన్నమాట! ఇంత కొద్ది

మేరలో విశ్వంయొక్క ద్రవ్యమంతా గూడుకట్టి ఉన్నం దున దాని సాంద్రతా, ఉష్ణోగ్రతా ఇప్పటికన్న అనేకకోట్ల రెట్లు ఉండి ఉంటుంది.

దాదాపు 900కోట్ల ఏళ్ళక్రితం, అత్యంతసాంద్రమూ, ఉష్ణాధిక్యపూరితమూ అయిన ఈ "ఆది పరమాణువు" ఆకస్మికంగా వ్యాకోచంపొందనారంభించింది. (ఎందుకు వ్యాకోచించనారంభించిందంటే...ఎవరుచెబుతారు?) వ్యాకోచం కారణంగా దానిసాంద్రతా, ఉష్ణోగ్రతా తగ్గసాగాయి. శాస్త్రవేత్త గమోవ్ అంచనాప్రకారం విశ్వం వ్యాకోచించనారంభించిన గంటకల్లా దాని ఉష్ణోగ్రత 25 కోట్ల డిగ్రీలయింది. 2 లక్షల ఏళ్లకు 6,000 డిగ్రీలూ, 25 కోట్ల ఏళ్లకు - 100 డిగ్రీలూ అయింది. విశ్వం వ్యాకోచంపొందనారంభించిన అరగంటకల్లా మూలకపదార్థాలు ఏర్పడి ఉంటాయి. అటు తరువాత పరమాణు ప్రతిక్రియలద్వారా ఇంకా భారమైన మూలకాలు ఏర్పడడానికి అవసరమైన ఉష్ణోగ్రత ఉండి ఉండదు.

వ్యాకోచంపొందే విశ్వంలోని ద్రవ్యం అనేక పెద్ద ఖండాలుగా చీలిపోయింది. కాలక్రమాన ఆ ఖండాలే నక్షత్రకూటాలయాయి. ఈ నక్షత్రకూటాలు తమలో వేరు వేరు ప్రాంతాలమధ్య ఉండే గురుత్వాకర్షణ బలంచేత సంకోచంపొందసాగాయి. ఈ సంకోచం అవిచ్ఛిన్నంగా

సాగిపోకుండా, రెండు అంశాలు అడ్డు తగిలాయి. ఒకటి, నక్షత్రకూటాలలోని కొన్ని భాగాలలోగల పదార్థం మరింత ఎక్కువగా సంకోచంపొంది, వాటి సాంద్రతా, ఉష్ణోగ్రతా హెచ్చడం జరిగింది. ఇవే నక్షత్రాలు. ఈ కారణంచేత నక్షత్రకూటం ఒకపరిమితిని మించి సంకోచం పొందడం సాధ్యంకాలేదు. రెండవ అంశమేమంటే, నక్షత్రకూటం సంకోచంపొందినకొద్దీ దాని పరిభ్రమణవేగం హెచ్చుతుంది. పరిభ్రమించే ప్రతివస్తువులోనూ కేంద్రంనుంచి ఉపరితలాని కేసి ఒక శక్తి ప్రయోగమవుతుందని మనకు తెలుసు. (ఒక చెంబునిండా నీరుపోసి, దానికి తాడుకట్టి వేగంగాతిప్పి నట్లయితే చెంబు తలకిందులుగా ఉన్నప్పుడుకూడా దాని లోని నీరు కిందపడదు. కేంద్రపరాఙ్ముఖశక్తి భూమియొక్క ఆకర్షణశక్తిని రద్దుచేస్తుంది.) ఆకారణంచేత, పరిభ్రమణ వేగం ఒకపరిమితిని మించినప్పుడు గురుత్వాకర్షణశక్తి కంటె కేంద్ర పరాఙ్ముఖశక్తి ఎక్కువై, నక్షత్రకూటం సంకోచం పొందడం నిలిచిపోయింది. అయితే పరిభ్రమణం జరిగే తలానికి అడ్డంగా (లంబకోణంలో) కేంద్ర పరాఙ్ముఖశక్తి ఏమీ ఉండదు గనుక అటుగా నక్షత్రకూటం సంకోచం పొందడం ఆగదు. ఇందుచేతనే నక్షత్రకూటాలు చదును చేసిన సర్పిలాకారాలు (spirals) కలిగిఉన్నాయి.

విశ్వం ఆగకుండా వ్యాకోచంపొందుతున్నది గనుక నక్షత్రకూటాలమధ్యగల ఎడం పెరుగుతూపోతున్నది. ప్రతి

నక్షత్రకూటంలోనూ పదార్థం కూడుకుని నక్షత్రా లేర్ప డ్డాయి. నక్షత్రాలు సంకోచంపొందడంచేత వాటి అంత ర్భాగాలలోని ఉష్ణోగ్రత పెరిగింది. ఒకదాని వెనుక మరొ కటిగా పరమాణు ప్రతిక్రియలు జరిగాయి. అంతులేని శక్తి వెలువరించబడింది. ఈ విషయాలనుగురించి లోగడ తెలుసు కున్నాం.

## నిరంతర సృష్టి

ఇంతకుముందు చెప్పినట్టుగా, మన విశ్వం 900 కోట్ల సంవత్సరాలక్రితం సృష్టి అయిందనీ, తరువాత ఏ కారణం చేతనో అది వ్యాకోచంపొందనారంభించిందనీ, ఆ కారణంగా విశ్వంలోని పదార్థమంతా నక్షత్రకూటాలుగా విభజన పొందిందనీ, అవి ఒక దాన్నుంచి మరొకటి దూరమైపోతు న్నాయనీ భావించబడుతున్నది. ఈ సిద్ధాంతాన్ని ప్రతిపా దించినవారు అమెరికను శాస్త్రవేత్త గమోవ్, యూరోపి యను శాస్త్రవేత్త లిమేటర్ మొదలైనవారు. 20 ఏళ్ల క్రితం హాయిల్, లిటిల్టన్, బోండీ మొదలైన బ్రిటిషు శాస్త్రవేత్తలు దీనికి బొత్తిగా సంబంధంలేని మరొక సిద్ధాం తాన్నిప్రతిపాదించారు. గతపదేళ్ల కాలంలో అనేకమంది శాస్త్రవేత్తలలో ఈ సిద్ధాంతానికి ఆదరణ హెచ్చింది. దీనికి "నిరంతర సృష్టిసిద్ధాంతం" (theory of continuous creation) అని పేరు.

హాయిల్, లిటిల్టన్ ప్రభృతుల సిద్ధాంతంప్రకారం విశ్వానికి మొదలూ, తుదీ లేవు. అది నిరంతరమూ సృష్టి అవుతూనే ఉన్నది. అపారమైన ఆకాశంలో హైడ్రోజను పరమాణువులు అనవరతం సృష్టి అవుతున్నాయి. గురుత్వాకర్షణవల్ల అవికూడుకుని నక్షత్రాలవుతున్నాయి. వేలకోట్ల నక్షత్రాలు కూడుకుని నక్షత్రకూటా లేర్పడుతున్నాయి. ఆకాశం వ్యాకోచంపొందినకారణంగా నక్షత్రకూటాలు ఒకదానినుంచి ఒకటి దూరంగా పారిపోతున్నాయని మనం తెలుసుకుని ఉన్నాం. అవి ఖాళీచేసిన జాగాలలో కొత్త నక్షత్రకూటాలు సృష్టిఅయి, ఆ జాగాలను నింపుతున్నాయి.

అందుచేత, గమోవ్ సిద్ధాంతంప్రకారం నక్షత్రకూటాలమధ్య ఉండే ఎడం క్రమంగా పెరుగుతూపోతుంది, ఆకాశం అంతకంతకూ శూన్యమవుతుంది, అనగా ఒక ఘనపరిమాణంగల ఆకాశంలో ఉండే నక్షత్రకూటాల సంఖ్య తరిగిపోతుంది. ఇంకోనూరుకోట్ల సంవత్సరాలకు మన సమీపంలో ఉన్న నక్షత్రకూటాలు ఇంకా దూరంగా వెళ్లిపోతాయి. ఆకాశంలో మనం బొత్తిగా ఒంటరిగా ఉండిపోతాం. అదే విధంగా, నూరుకోట్ల ఏళ్లక్రితం నక్షత్రకూటా లింకా దగ్గరగా ఉండేవి.

కాని హాయిల్ ప్రభృతుల సిద్ధాంతంప్రకారం విశ్వమంతటా అన్నికాలాలలోనూ నక్షత్రకూటాల సాంద్రత ఇంచుమించు ఒకటిగానే ఉంటున్నది. నక్షత్రకూటాలు

ఒకదానినుంచి మరొకటి ఎడంగా పారిపోతున్నప్పటికీ, కొత్తనక్షత్రకూటాలు సృష్టి అవుతూ ఉండటంవల్ల ఆకాశంలో వాటి సాంద్రత తగ్గదు. విశ్వం ఈ నాడెలా కనిపిస్తున్నదో, నూరుకోట్ల ఏళ్లక్రితం అలాగే కనిపించింది; నూరుకోట్ల ఏళ్ల అనంతరంకూడా అలాగేకనిపిస్తుంది. నక్షత్రకూటాలమధ్య ఉండే దూరాలు మారవు. పట్టణంలో వృద్ధులూ, యువకులూ, కుర్రవాళ్లూ, పసివాళ్లూ ఉన్నట్టుగానే, ఆకాశం ఏప్రాంతంలోచూసినా వృద్ధ నక్షత్ర కూటాలూ, యువనక్షత్రకూటాలూ పక్కపక్కనే కనిపిస్తాయి. కాని గమోవ్ సిద్ధాంతంప్రకారం ఇది అసంభవం. అన్ని నక్షత్రకూటాలు ఒకే వయస్సుగలిగి ఉండాలి. ఎందుకంటే, అన్నీ ఒకేసారి (సుమారు 900 కోట్లక్రితం) సృష్టి అయాయి.

ఈ రెండు సిద్ధాంతాలలో ఏది సరిఅయినదో తెలుసుకోడానికి ప్రపంచమంతటాగల అనేక అబ్జర్వేటరీలలో చురుకుగా పరిశోధనలు సాగుతున్నాయి. కొద్ది సంవత్సరాల కాలంలో ఈ సమస్య పరిష్కారంకావచ్చుననుకుంటున్నారు. అయితే, ఈ రెండు సిద్ధాంతాలలో ఏదో ఒకటి సరి అయినదని బల్లగుద్ది చెప్పడానికికూడా లేదు. విశ్వంలో మనం అనేక వందలకోట్ల నక్షత్రకూటాలను చూస్తున్నాం. ప్రతి నక్షత్రకూటంలోనూ కొన్ని వేలకోట్ల సూర్యగోళాలున్నాయి. ఇవన్నీకూడా మనకు తెలియని, తెలియడం సాధ్యంకాని,

విధానాల ననుసరించి ఉత్పత్తిఅయి ఉండవచ్చు. శాస్త్ర వేత్తలకిది తెలియకపోలేదు. కాని వారు వివరణయోగ్యమైనసిద్ధాంతాలను మాత్రమే ప్రతిపాదించగలుగుతాయి.

## గ్రహాల ఉత్పత్తి

మన సౌరకూటంలో గ్రహాలెలా ఉత్పత్తి అయాయి?

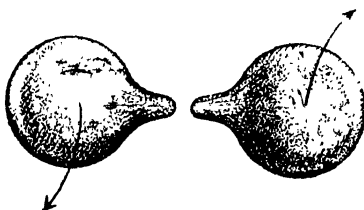
ఈ ప్రశ్నకు సరిఅయిన సమాధానం ఇప్పటి కింకా తెలియదు. అంతరిక్షంలోకి ప్రయోగించిన కృత్రిమ ఉపగ్రహాలూ, సూర్యుడిచుట్టూ తిరిగేలాగు ప్రయోగించే కృత్రిమగ్రహాలూ బయటపెట్టే విషయాలద్వారా ఈ రహస్యం తెలియరావచ్చు. గత 160 ఏళ్లకాలంలో మన సౌరకూటంయొక్క ఉత్పత్తిని గురించి ఎన్నో సిద్ధాంతాలు వెలువడ్డాయి. 18 వ శతాబ్ది అంతంలోనూ, 19 వ శతాబ్ది ఆరంభంలోనూ, ఫ్రెంచిశాస్త్రవేత్త లప్లాస్ "నెబులా సిద్ధాంతం" (nebular hypothesis) ప్రతిపాదించి, దాని ద్వారా సౌరకూటంయొక్క ఉత్పత్తిని వివరించాడు. ఈ సిద్ధాంతం సరిఅయినదిగా దాదాపు నూరేళ్లపాటు చలామణీ అయింది. ఈ సిద్ధాంతంప్రకారం ఆదిలో సూర్యుడు ఒక పెద్ద నెబులా (మేఘం) లాగా ఉండి అతి పలచని వాయువులతో కూడి ఉండేది. వెయ్యికోట్లమైళ్ల వ్యాసంగల ఈ నెబులా నింపాదిగా తనచుట్టూ తాను తిరిగేది. ఈ

వాయుగోళం తాలూకు వివిధప్రాంతాలమధ్యగల గురుత్వాకర్షణ ఫలితంగా గోళం సంకోచంపొందసాగింది. గోళం యొక్క ప్రమాణం తగ్గినకొద్దీ దాని పరిభ్రమణవేగం హెచ్చాలి. పరిభ్రమణవేగం హెచ్చినకొద్దీ గోళంపైఅంచు నుంచి వాయువులు వేరుపడి, వలయంలాగా గోళంచుట్టూ తిరగసాగాయి. గోళం సంకోచం పొందుతున్నకొద్దీ అప్పటప్పటా కొత్తవాయు వలయా లేర్పడ్డాయి. చిట్టచివరకు మిగిలిన వాయుగోళం సూర్యుడయింది. వాయువలయాలు కుంచించుకుని, గ్రహాలుగా రూపొందాయి. ఇదే లప్లాస్ ప్రతిపాదించిన నెబులా సిద్ధాంతం.

సౌరకూటం గురించి మనకు తెలిసిన అనేకవిషయాలను ఈ సిద్ధాంతం వివరించింది. అన్నిగ్రహాల కక్ష్యలూ ఒకే సమతలంలో ఉన్నాయి. సూర్యుడికి దూరంగా ఉన్న గ్రహాలు నింపాదిగానూ, దగ్గరగాఉన్న గ్రహాలు వేగంగానూ సూర్యుణ్ణి చుట్టి వస్తున్నాయి. అయితే, సౌరకూటం ఇలా ఉత్పత్తి అయి ఉండడం సాధ్యంకాదని గత శతాబ్ది అంతంలో క్లార్క్ మాక్స్వెల్ గణితరీత్యా రుజువు చేశాడు. సూర్యుడి నుంచి వేరుపడిన వాయువలయాలు శని యొక్క వలయాలలాగా సూర్యుడిచుట్టూ పరిభ్రమించవలసినదేగాని, అవికూడుకుని గ్రహాలుగా ఏర్పడడం సాధ్యం కాదు. అది అలాఉంచి,. సౌరకూటం మొత్తం బరువులో నూటికి 99·9 వంతులు సూర్యుడిలోనూ, మిగతా 0·1

వంతు గ్రహాలల్లోనూ ఉన్నది. అయితే సౌరకూటంయొక్క వర్తులద్రవ్యవేగం (angular momentum) లో నూటికి 98 వంతులు గ్రహాలలోనూ, నూటికి 2 వంతులుమాత్రమే సూర్యుడిలోనూ కనిపిస్తున్నది. ఈ ప్రమాణంగల వర్తుల వేగంతో తోసివేయబడిన వాయువులు ఎన్నటికీ ఏకమై గ్రహాలుగా లేవనీ, అవి సూక్ష్మమైన నలుసులుగామాత్రమే పరిభ్రమిస్తూ ఉండాలనీ ఆయన చూపాడు.

20 వ శతాబ్ది ఆరంభంలో, చేంబర్లిన్, మోల్టన్ అనే ఇద్దరు అమెరికను శాస్త్రవేత్తలు మరొక సిద్ధాంతం ప్రతిపాదించారు. 1916 లో జేమ్స్ జీన్స్ అనే బ్రిటిషు శాస్త్రవేత్త ఈసిద్ధాంతాన్నే కొద్దిగా సంస్కరించి విపులీకరించాడు. ఈ సిద్ధాంతంప్రకారం ఒకప్పుడు ఆకాశంలోని నక్షత్రం ఒకటి మనసూర్యుడికి చేరువగావచ్చింది. అవి రెండూ సూటిగా ఢీకొనకపోయినప్పటికి, అవి ఒకదానికొకటి చాలా దగ్గరగావచ్చి తిరిగి దూరమైపోయాయి. అవి చేరువగా వచ్చినప్పుడు వాటిమధ్య గల గురుత్వాకర్షణచేత సూర్యుడిలోనుంచి ద్రవ్యం పెద్ద ఎత్తున చుట్ట ఆకారంలో వెలువడి ఉంటుంది. (రెండవ నక్షత్రంనుంచి కూడా ఇలాగే పదార్థం వెలువడి ఉండాలి.) ఇలా వెలువడిన పదార్థమంతా తునిగిపోయి, సంకోచంపొంది గ్రహాలుగా ఏర్పడింది. సూర్యుడి గురుత్వాకర్షణబలంచేత అవి సూర్యుడి చుట్టూ తిరుగుతున్నాయి.



పటము 27

గ్రహాలు ఉత్పత్తి అయిన విధం

జీన్స్ ప్రతిపాదించిన ఈ సిద్ధాంతం 20 ఏళ్లపాటు అంతా అంగీకరించారు. కాని 1935 లో, అమెరికను శాస్త్రవేత్త రసెల్ సౌరకూటంలోని గ్రహాలిలా ఉత్పత్తి అయిఉండడం అసంభవమని రుజువుచేశాడు. సూర్యుడిలో నుంచి ఇంత పదార్థం వెలువడాలంటే రెండవ నక్షత్రం సూర్యుడికి చాలా చేరువగా వచ్చిఉండాలి. అది అంత చేరువగా వచ్చిఉండిన పక్షంలో గ్రహాలు సూర్యుడికింకా సమీపంగా తిరుగుతూ ఉండాలి. అంటే, వాటి దూరాలు ఇప్పుడున్న దానిలో వెయ్యోవంతు మాత్రమే ఉండాలి.

కనుక, గ్రహాల ఉత్పత్తిని గురించి తృప్తికరమైన సిద్ధాంతం ఇప్పటికింకా వెలువడలేదు. ప్రస్తుతానికి ఫ్రెడ్ హ్వాయిల్ ప్రతిపాదించిన "ధూళి మేఘ సిద్ధాంతం" (Dust Cloud Hypothesis) సరి అయిన

దనిపిస్తున్నది. ఇది కొద్ది మార్పులతో లప్లాస్ సిద్ధాంతంపై ఆధారపడినది.

సూర్యుడు పెద్ద వాయుగోళంగా సంకోచం పొందే టప్పుడు ఆకాశంనిండా పుష్కలంగా వాయు పరమాణు వులూ, ధూళి నలుసులూ ఉండినాయి. ఇది నక్షత్ర కాంతి పీడనంవల్ల తోయబడి, ఒకదానితో ఒకటి చేరుకుని గోళా లుగా ఏర్పడ్డాయి. ఈగోళాలప్రమాణం ఒక పరిమితికిమించి పెరిగినమీదట తమచుట్టూఉండే ధూళి నలుసులను గురు త్వాకర్షణచేత ఆకర్షించి వేగంగా పెద్ద వయాయి. ఇవి సూర్యగోళం గురుత్వాకర్షణవల్ల దానిచుట్టూ తిరుగుతూ, ఒక దాని కొకటి కొట్టుకుని పగిలి, తిరిగి చేరుకుని, చిట్ట చివరకు మన మీనాడు చూసే గ్రహాలుగానూ, అల్పగ్రహా లుగానూ రూపొందాయి.

ఇప్పటికీ ఆకాశంనిండా ధూళి నలుసులున్నాయి. అంతరిక్షంలోకి పంపబడిన కృత్రిమ ఉపగ్రహాలు ఈనలు సుల తాకుడునుగురించిన వివరాలు భూమికి అందించాయి. అయితే ఈనలుసులు వాతావరణాన్ని దాటి భూమినిచేరుకో లేవు. అవి గాలియొక్క సంఘర్షణకు వేడెక్కి కాలి పోతాయి. దారితప్పి భూమిని చేరగలిగేవి భూమియొక్క బరువును బహుకొద్దిగా మాత్రమే పెంచగలవు.

ఇంగ్లీషు శాస్త్రవేత్త హాయిల్ కొద్ది సంవత్సరాల క్రితం మరొకసిద్ధాంతం ప్రతిపాదించాడు. ఈ సిద్ధాంతం

ప్రకారం ఒకప్పుడు మనసూర్యుడూ, మరొకనక్షత్రమూ జంటనక్షత్రాలుగా ఒకదానిచుట్టూ ఒకటి తిరుగుతూండేవి. ఆకాశంలో అలాంటి జంటనక్షత్రాలు కోట్లకొద్దీ ఉన్నట్టు లోగడ తెలుసుకుని ఉన్నాం. సుమారు 400 కోట్ల ఏళ్ల క్రితం సూర్యుడి జంట అయిన నక్షత్రం అతీత నవ్యతారలాగా బ్రహ్మాండమైన పేలుడుకు గురి అయింది. (137 వ పేజీలో చూడండి.) అది ముక్కలు ముక్కలు కాగా, కొన్ని ముక్కలను సూర్యగోళం ఆకర్షించింది, అవి గ్రహాలలాగా దాని చుట్టూ తిరుగుతున్నాయి.

దీనిని సమర్థిస్తూ హాయిల్ చెప్పిన దేమంటే, సూర్యుడిలో హెచ్చుభాగం హైడ్రోజను పరమాణువులే, కాని గ్రహాలలో హెచ్చుభాగం భారీ అయిన మూలకాలు గలవి. ఇది ఎలా సాధ్యమయింది? మన సూర్యుడి జంట అయిన నక్షత్రం తనలో హైడ్రోజను యావత్తూ త్వరగా వినియోగపరచుకుని, హీలియంగా మార్చుకొని, తరువాత ఆ హీలియమునుకూడా భారీమూలకాలకింద మార్చుకున్నది. ఆ తరువాతనే అది సంకోచంపొంది పేలిపోయి ఉండాలి. కనుకనే దాని ఖండాలలో భారీమూలకాలు పుష్కలంగా ఉన్నాయి. గ్రహాలలో భారీమూలకాలుండడాన్ని మరొక విధంగా వివరించడం సాధ్యంకాదంటాడు హాయిల్.

మన సౌరకూటపు గ్రహాల ఉత్పత్తి ఇలాగే జరిగిం దని రూఢిగా చెప్పడం సాధ్యంకాకపోయినప్పటికీ, నక్ష

త్రాల పేలుడువల్ల ఆకాశంలో భారీ మూలకాలు వెదజల్ల బడ్డా యనడానికి సందేహంలేదు.

## సౌరకూటాలవంటివి ఇంకా ఉన్నాయా ?

రెండు సూర్యగోళాలధ్య కలిగిన ఘర్షణఫలితంగా మన సౌరకూటం ఏర్పడిందనుకున్నప్పుడు ఆకాశంలో ఇలాటి సౌరకూటాలు విరివిగా లేకపోవచ్చునని భావించబడింది. రెండు నక్షత్రాలు ఒకదానికొకటి చేరువగావచ్చి పరస్పర ప్రభావానికి లోను కావడమన్నది చాలా అరుదైనవిషయం. అయితే జీన్స్ ప్రతిపాదించిన ఈ ఘర్షణ సిద్ధాంతం తప్పని నిరూపించబడింది. ఇప్పుడు ధూళి మేఘ సిద్ధాంతమే సరి అయినదిగా భావించబడుతున్నది. మన సూర్యుడి పరిసరాలలో ఉండే ధూళి నలుసులు ఒకదానొకటి తాకి, ఏకమై, గ్రహాలుగా ఏర్పడగలిగినప్పుడు ఇలాటి ప్రక్రియలే ఆకాశంలోని అనంతకోటి నక్షత్రాలచుట్టూ ఎందుకు జరుగుతూ ఉండరాదు? లేదా, హాయిల్ సిద్ధాంతంప్రకారమే గ్రహాలేర్పడ్డా యనుకున్నప్పటికీ, ఆకాశంలో కోట్లకొద్దీ జంట నక్షత్రాలున్నాయి; గత 400 కోట్ల ఏళ్లలో కొన్ని కోట్ల నక్షత్రాలు పేలిపోయి ఉండవచ్చు; పేలుడువల్ల శిథిలమైన ఆనక్షత్రాల ఖండాలు పేలని నక్షత్రాలచుట్టూ తిరుగుతూ ఉండవచ్చు.

ఎలా చూసుకున్నప్పటికీ అనేక లక్షల నక్షత్రాల చుట్టూ చిన్న, పెద్ద గ్రహాలు తిరుగుతూ ఉండాలి. మన నక్షత్రకూటంలోనే 20,000 కోట్ల నక్షత్రాలున్నట్టు అంచనా వేశారు. వీటిలో లక్షలో ఒక్క దానిచుట్టూ మాత్రమే గ్రహాలున్నాయనుకున్నప్పటికీ, ఒక్క మన నక్షత్రకూటంలోనే 20 లక్షల సౌరకుటుంబాలుండాలి. విశ్వం మొత్తం మీద (మనకు కనిపించే ఇతర నక్షత్రకూటాలలో) వెయ్యి కోట్ల సౌరకుటుంబాలుండవచ్చు.

అయితే, మనకున్న అత్యంత శక్తిమంతమైన టెలిస్కోపులతో చూసినప్పటికీ ఈ గ్రహాలను చూడడం సాధ్యం కాదు. మనకు అత్యంత సన్నిహిత నక్షత్రమైన ఆల్ఫా సెంటారైనుంచి మన సూర్యుణ్ణి చూసినట్టయితే అది రెండవ తరగతి నక్షత్రంలాగా కనిపిస్తుంది. సూర్యుడి గ్రహాలన్నిటిలోకీ పెద్దదైన గురుగ్రహం 200 అంగుళాల టెలిస్కోపులో నుంచి చూసినా కనబడదు.

సుమారు 10 సంవత్సరాలక్రితం, మన సౌరకుటుంబానికి చెందని రెండు గ్రహాలు కనిపెటబడాయి. ఒకటి గురుగ్రహంకన్న 16 రెట్లు పెద్దది. అది 61 వ సిగ్నస్ (61-Cygnus) అనేనక్షత్రంచుట్టూ తిరుగుతున్నది. దీనికన్న కూడా పెద్దదైనగ్రహంఒకటి 70వ సర్పరాశి (70-Opiuchi) నక్షత్రాన్ని చుట్టుతున్నది. ఈ గ్రహాలు ప్రత్యక్షంగా కనబడవు. అయితే ఈనక్షత్రాల మార్గం తిన్నగా ఉండక

వంకరటింకరగా ఉండడంచేత వాటి చుట్టూ తిరిగే గ్రహాల బరువును అంచనా కట్టగలుగుతున్నాం. వాతావరణమే లేని చంద్రుడిపై నక్షత్రపరిశోధనాలయాలు (అబ్జర్వేటరీలు) నెలకొల్పి, శక్తిమంతమైన టెలిస్కోపులతో ఫొటోలు తీసినట్టయితే, ఈ గ్రహాలు కనిపిస్తాయేమో. అయితే ఒక్కటి రూఢిగా చెప్పవచ్చు. విశ్వంలో ఉన్నది మనసౌరకుటుంబం ఒక్కటే మటుకు కాదు.

# 7. ఇతర ప్రపంచాలలో ప్రాణులున్నాయా?

ఆకాశంలోని అనేకలక్షల నక్షత్రాలచుట్టూ తిరిగే గ్రహాలుండవచ్చునని మనం తెలుసుకున్నాం. కాని వాటిలో ప్రాణులుంటాయా? అంతే కాదు, మనలాగా జ్ఞానంతో కూడిన జంతువులు వాటిలో జీవిస్తున్నాయా?

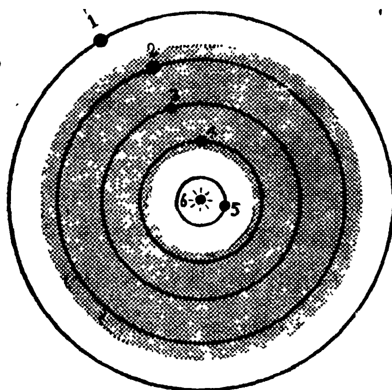
ప్రాణం ఉత్పన్నంకావడానికీ, అల్పప్రాణులనుంచి ఉన్నతప్రాణులు అభివృద్ధి చెందడానికీ అవసరమైన పరిస్థితు లేవో చూద్దాం.

గడచిన 300 కోట్ల ఏళ్ళకాలంలోనూ సూర్యుడినుంచి మన భూమికి వేడిరూపంలోనూ, కాంతిరూపంలోనూ, ఇతర ప్రసారాలరూపంలోనూ అంతులేని శక్తి అవిచ్ఛిన్నంగా ప్రసారమవుతూ వస్తున్నది. శక్తి ఈవిధంగా ప్రసారం కాని పక్షంలో ప్రాణం ఉత్పన్నంకావడం దుస్సాధమై ఉండేది; ఒకవేళ ప్రాణం సృష్టి అయినా అది ఎంతోకాలం నిలిచి ఉండేదికాదు. అల్పప్రాణులు సృష్టి అయి, వాటి నుంచి ఉన్నత ప్రాణులు క్రమాభివృద్ధి చెందడానికి నూరుకోట్ల ఏళ్లు పడుతుంది. అంతకాలమూ సూర్యుడి నుంచి గ్రహా

లకు ఎంతో శక్తి సక్రమంగానూ, అవిచ్ఛిన్నంగానూ అందుతూ రావాలి.

రెండవ దేమంటే, సూర్యుడినుంచి ఇలా ప్రసారమయే శక్తి సూర్యుడిచుట్టూ చాలాదూరంమేర ఎంతో వేడిగా ఉంచాలి. అప్పుడే ఆపరిధిలో తిరిగే కొన్ని గ్రహాలలో ప్రాణులకు అవకాశం ఏర్పడుతుంది. చలిరాత్రులలో పొలాలమీద ఉండే గొర్రెల కాపర్లు వెచ్చదనంకోసం మంటలు వేయడం మనం చూస్తాం. ఎన్నో దుంగలు పేర్చి నగడు వెలిగిస్తేనే గాని దానిచుట్టూ కొద్దిమంది పడుకుని నిద్రపోవడానికి తగినంత వెచ్చనిప్రదేశంఏర్పడదు. మంటకు మరీ దగ్గరగా ఉంటే తపన జాస్తి, మరీ దూరంపోతే చలి జాస్తి. అలాగే సూర్యుడికి మరీ దగ్గరఅయితే వేడి హెచ్చు. అలాటి చోట ప్రాణులు ఉత్పత్తి అయే అవకాశం ఉండదు. సూర్యుడికి మరీ దూరమైతే, చలి హెచ్చు కావడంచేత అక్కడ ప్రాణులుత్పత్తి కాలేవు. మన సౌరకూటంలో శుక్ర అంగారక గ్రహాలమధ్యగల మేరలోనే ప్రాణులకు వాసయోగ్యమైన శీతోష్ణ పరిస్థితి ఉన్నది. ఇది చిత్రంలో నల్లని మేరగా చూపబడింది. (పటం 28.) శుక్రుడికక్ష్యకు లోపల ఉండే ప్రాంతంలో వేడిజాస్తి. అంగారకుడి కక్ష్యకు వెలుపలి ప్రాంతంలో చలి జాస్తి.

మూడవ సంగతి, ప్రాణులుండే గ్రహాలు సూర్యుడి చుట్టూ తిరిగే కక్ష్యలు పూర్తిగా ఈ వెచ్చని మేరలోనే




పటము 28

1. గురుడు; 2. అంగారకుడు; 3. భూమి;
4. శుక్రుడు; 5. బుధుడు; 6. సూర్యుడు.

మన సౌరకూటంలో ప్రాణాధారకమైన వెచ్చనిప్రాంతం: బుధగ్రహం సూర్యుడికి మరీ దగ్గరగా ఉండడంచేత ఉష్ణోగ్రతజాస్తి. అంగారకుడి అవతల చలి జాస్తి. అక్కడా ప్రాణులకు అవకాశం ఉండదు.

ఉండాలి. అనేక అల్పగ్రహాలూ, తోకచుక్కలూ సూర్యుడి చుట్టూ దీర్ఘవర్తుల కక్ష్యలలో తిరుగుతున్నట్లు 4 వ ప్రకరణంలో తెలుసుకున్నాం. ఈకక్ష్యలలో కొంతభాగం వెచ్చని మేరలో ఉన్నప్పటికీ, మిగతా భాగాలు అత్యుష్ణప్రాంతంలో గాని, అతిశీతల ప్రాంతంలోగాని ఉండడం జరుగుతున్నది.

ఆ కారణంచేత, వాటిలో ప్రాణులు పుట్టే అవకాశంలేదు. ఇతర సూర్యులచుట్టూ తిరిగే గ్రహాలుకూడా, దీర్ఘవృత్తాకారంగల కక్ష్యలలో తిరుగుతూ వెచ్చని మేరను అధిగమించిపోయే పక్షాన వాటిలో ప్రాణులుండే అవకాశం లేదు.

కనుక అనేకలక్షల నక్షత్రాలచుట్టూ గ్రహాలు తిరుగుతూ ఉన్నప్పటికీ, వాటన్నిటిలోనూ ప్రాణులున్నాయని అనుకోడానికి లేదు. ఒకవేళ ప్రాణులున్నాయే అనుకున్నా, మనలాటి తెలివైన ప్రాణులెన్నో ప్రపంచాలలో ఉంటాయనుకోరాదు. ఇందుకు కారణం దిగువ వివరించబడింది:

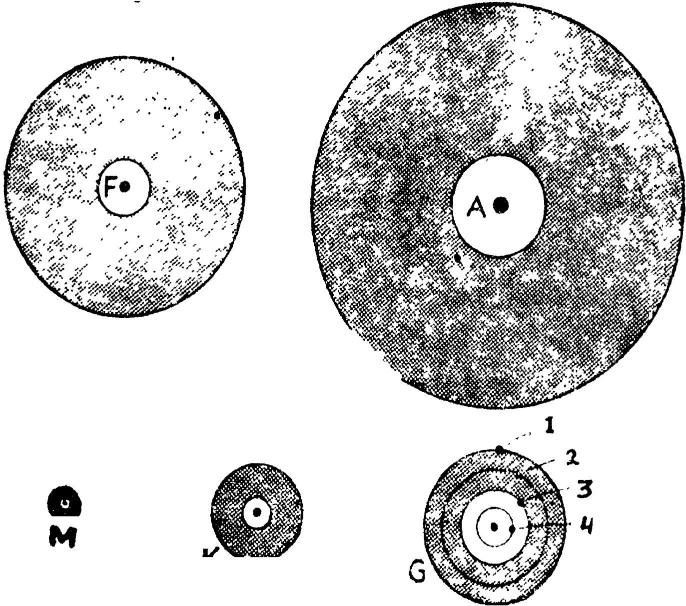
మనం 5 వ ప్రకరణంలో తెలుసుకున్నట్టుగా నక్షత్రాలలో అనేకతరగతులున్నాయి. వాటి ఉష్ణోగ్రతనూ, ప్రకాశాన్నీ, పరిమాణాన్నీ బట్టి నక్షత్రాలను O, B, A, F, G, K, M అన్న తరగతులకింద విభజించారు. ఇవన్నీ ప్రధానశ్రేణికి చెందిన నక్షత్రాలు. మనసూర్యగోళం వాటిలో చేరినది. ఇవిగాక అరుణ బృహత్తులనీ, మారే నక్షత్రాలనీ, తెల్ల మరుగుజ్జులనీ ఇతర రకాల నక్షత్రాలున్నట్టుకూడా మనం తెలుసుకుని ఉన్నాం. ఇవి ప్రధానశ్రేణిలో చేరినవికావు. పైనచెప్పిన మూడు అంశాలూ ఏయేతరగతుల నక్షత్రాలకు వర్తిస్తాయో మనం పరిశీలించి

నట్టయితే, ఎక్కడ ప్రాణులుపుట్టే అవకాశం ఉన్నదీ స్పష్ట మవుతుంది.

ప్రధానశ్రేణికి చెందిన నక్షత్రాలలో O, B, A తరగతులకు చెందినవి చాలా పెద్దవి. వాటిప్రకాశాన్ని బట్టి వాటినుంచి ప్రసారమయే శక్తిని మనం అంచనాకట్టిన ట్టయితే, అవి హెచ్చుకాలం మన్నవని స్పష్టమవుతుంది. అవి తమలోగల హైడ్రోజనును అతివేగంగా ఖర్చుచేసుకుని అంతులేని శక్తిని వెలువరిస్తూ ఉండడంచేత ఒక కోటి సంవత్సరాలలో వాటిలోని హైడ్రోజనంతా హీలియంగా పరివర్తనపొందుతుంది, తరువాత అవి సంకోచంపొందనారం భిస్తాయి. సౌరకూటంలో ప్రాణులు పుట్టి అభివృద్ధి చెందా లంటే సూర్యుడు కనీసం కొన్నివందల కోట్ల ఏళ్లపాటు మార్పులేకుండా ఉండి నిలకడగా శక్తిని ప్రసారంచెయ్యాలని మనం తెలుసుకుని ఉన్నాం. కనుక, హెచ్చు కాంతీ, వేడీ గల నక్షత్రాలచుట్టూ గ్రహాలు తిరుగుతూ ఉన్నప్పటికీ వాటిలో ప్రాణులు ఉత్పత్తి అయే అవకాశంలేదు.

K, M తరగతులకు చెందిన నక్షత్రాలు దీర్ఘకాలం పాటు మార్పుచెందకుండా ఉండి శక్తిని ప్రసారంచేస్తున్నప్ప టికీ, వీటి కాంతీ, వేడీ బహుస్వల్పం. అందుచేత వీటిచుట్టూ ఉండే వెచ్చనిమేర చాలా సంకుచితమైనది. ఈకొద్దిమేరలో గ్రహాలు తిరుగుతూ ఉన్నట్టయితేనే వాటిలో ప్రాణులు

అవతరించే అవకాశం ఉన్నది. అయితే ఇంత కొద్దిమేరలో గ్రహం తిరగడమనేది అరుదైన విషయం. వేరు వేరు తరగతులకు చెందిన నక్షత్రాలచుట్టూ ఉండే వెచ్చనిమేరలు దిగువ పటంలో చూపబడ్డాయి.




పటము 29

1. అంగారకుడు, 2. భూమి, 3. శుక్రుడు, 4. బుధుడు.

వేరువేరు తరగతులకు చెందిన నక్షత్రాలచుట్టూఉండే వెచ్చని మేరలు

అందుచేత, నక్షత్రాలు ఒకే స్థితిలో నిలకడగా శక్తిని వెలువరిస్తూ ఉండే కాలమూ, వాటిచుట్టూ ఉండే వెచ్చని మేరలూ పరిగణించినట్టయితే, F, G, K తరగతులకు చెందిన నక్షత్రాల వెంబడిమాత్రమే ప్రాణుల మనుగడకు అనుకూలించే పరిస్థితు లున్నట్టు మనకు స్పష్టంగా తెలుస్తుంది. (మన సూర్యగోళం G తరగతికి చెందిన నక్షత్రమని జ్ఞాపకం ఉంచుకోవాలి.) మన నక్షత్రకూటంలోని నక్షత్రాలలో సుమారు ఏడోవంతు నక్షత్రాలు ఈ తరగతులకు చెందినవి గనుక, మన కూటానికి సంబంధించిన సుమారు 2,000 కోట్ల నక్షత్రాలచుట్టూ ఉన్న గ్రహాలలో మనలాటి తెలివిగల ప్రాణులున్నట్టు భావించవచ్చు.

అయితే మనం లోగడ అనుకున్న మూడవఅంశాన్ని ఇంకా గణనలోకి తీసుకోలేదు. ఈ నక్షత్రాలచుట్టూ తిరిగే గ్రహాల కక్ష్యలు పూర్తిగా వెచ్చని మేరలోనేఉండాలి. ఇది మనం అనుకున్నంత తేలిక కానట్టు కనబడుతుంది.

అంతటా నిండి ఉండే వాయువులు సంకోచంపొందడంచేత సూర్యగోళాలు (నక్షత్రాలు) ఏర్పడతాయని మనం తెలుసుకున్నాం. సంకోచంపొంది నక్షత్రాలుగా పరిణమించే వాయుగోళాలు రెండు రెండుగానూ, మూడేసిగానూ, ఏర్పడే స్వభావం కలిగి ఉంటాయి. సామాన్యంగా జంట నక్షత్రాలు ఒకదానిచుట్టూ ఒకటి తిరుగుతుంటాయి, అలాటివి మన నక్షత్రకూటంలో కోట్ల సంఖ్యలో ఉన్నట్టు

మనం తెలుసుకుని ఉన్నాం. వాయువులు చిన్న ముత్తాలలో కూడుకున్నప్పు డవి సంకోచం పొంది, సూర్యుడు కావడానికి బదులు గ్రహంగా తయారవుతాయి. ఈ కారణం చేతనే అనేక నక్షత్రాలచుట్టూ గ్రహాలుండే అవకాశం ఉన్నట్టుకూడా మనం తెలుసుకుని ఉన్నాం.

మన సూర్యుడిలాగా కాకుండా, నక్షత్రాలు రెండేసిగానూ, మూడేసిగానూ ఏర్పడినప్పుడు, అవి ఒక స్థిర కేంద్రంచుట్టూ కక్ష్యలేర్పరచుకుని వాటివెంబడి తిరుగుతూంటాయి. అలాటి నక్షత్రాలచుట్టూ గ్రహాలు తిరుగుతూ ఉండే పక్షంలో, ఆ నక్షత్రాలు ఒక నిర్ణీతస్థానం లేక కదులుతూ ఉంటాయి గనుక, వాటి గ్రహాలకు కూడా స్థిరమైన కక్ష్యలుండవు. వాటికన్న చాలా పెద్దవైన నక్షత్రాలు చేరువలో ఉండి వాటిని ఆకర్షిస్తూ ఉండడంచేత వాటి కక్ష్యలు మారుతూ ఉంటాయి. అదీగాక, ఒకనక్షత్రం చుట్టూ ఉండే వెచ్చనిమేరపై మరొకనక్షత్రం ప్రభావం ఉంటుంది. రెండు కన్న ఎక్కువ నక్షత్రాలు ఒకే జట్టుగా ఉన్నప్పుడు వెచ్చనిమేరలు నిర్ణయించడం సాధ్యంకాదు.

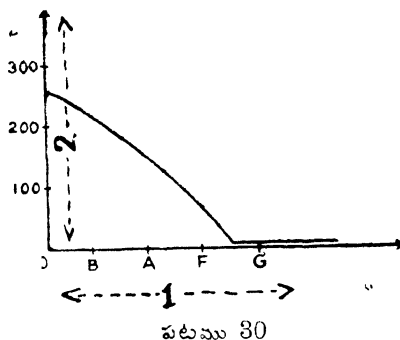
నక్షత్రాలు జంటగా మాత్రమే ఉన్నప్పుడు వాటి కక్ష్యలు వాటి బరువులపైన ఆధారపడతాయి. ఆ జంట నక్షత్రాలు బరువువిషయంలో మన సూర్యుడిని పోలిన వనుకునేపక్షంలో, వాటిచుట్టూ గ్రహాలు నిర్ణీతమైన కక్ష్యలలో

వెచ్చనిమేరలలో తిరగాలంటే ఆ జంట నక్షత్రాల మధ్యగల దూరం 46 లక్షల మైళ్లకు లోపుగాని, 93 కోట్ల మైళ్లకు మించిగాని ఉండాలని లెక్కలనుబట్టి తేలుతున్నది. ఇదే విధంగా ఇతర అంశాలన్నీ పరిగణించి గుణించగా రెండేసి, మూడేసి నక్షత్రాలు జట్టుగా ఉండే సందర్భాలలో నూరింట ఒకటి లేక రెండింట మాత్రమే ప్రాణులకు వాసయోగ్యమైన గ్రహాలుంటాయని తేలింది. మన నక్షత్రకూటంలోని నక్షత్రాలన్నిటినీ పరిగణించిచూస్తే, వాటిలోనూటికి రెండు, లేక మూడు వంతులు నక్షత్రాలకు మాత్రమే ప్రాణాధారకమైన గ్రహాలు ఉంటాయని తేలింది. ఇంకోవిధంగా చెప్పాలంటే, మన 'నక్షత్రకూటంలో మనలాటి ప్రాణులను ధరించగల సౌరకూటాలు సుమారు 600 లేక 800 కోట్లు ఉండవచ్చునని ఊహిస్తున్నారు.

ఇలాటి సౌరకూటాల తాలూకు గ్రహాలను ఫొటోగ్రాఫ్ చెయ్యడం ఇప్పట్లో అసాధ్యమైనపని. మన వాతావరణంలోని గాలి అస్తమానమూ కదులుతూ, నక్షత్ర కాంతిని చెదరగొడుతూ ఉండడంచేత, నక్షత్రానికి సమీపంగా ఉండే గ్రహం నుంచివచ్చే కాంతి పూర్తిగా మరుగు పడిపోతుంది. కాని, మనచంద్రుడిపైనగాని, కృత్రిమ ఉపగ్రహంపైనగాని ఒక టెలిస్కోపు అమర్చి, అక్కడి నుండి నక్షత్రాలకు ఫొటోలు తీసినట్టయితే, ఆనక్షత్రాలకు చేరువగా ఉన్న గ్రహాలు ఫొటోలలో కనిపించవచ్చు.

అయితే మనం లోగడ (168 పేజీలో) 61 వ సిగ్నస్ (61-Cygnus), 70 వ ఒఫియుక్కి (70-Ophiuchi) నక్షత్రాల వంకరటింకర కక్ష్యలనుబట్టి వాటిచుట్టూ గ్రహాలు తిరుగుతున్నట్టు ఊహించబడిందనీ, ఆ గ్రహాల బరువులు అంచనా వేయబడ్డాయనీ తెలుసుకొని ఉన్నాం.

నక్షత్రాలచుట్టూ గ్రహాలు తిరుగుతున్నాయని తెలుసుకోనడానికి మరొక ముఖ్యాధారంకూడా ఉన్నది. మన సూర్యుడు తన అక్షంమీద నింపాదిగా తిరుగుతూ 27 రోజులకాలంలో ఒకసారి ఆత్మప్రదక్షిణం చేస్తున్నట్టు తెలుసుకున్నాం. సూర్యుడిచుట్టూ తిరిగే గ్రహాలు తమ చుట్టూ తాము వేగంగా తిరుగుతున్నాయి. మన సౌర కూటంయొక్క వర్తుల ద్రవ్యవేగంలో నూటికి 98 వంతులు గ్రహాలలోనూ, 2 వంతులు మాత్రమే సూర్యుడిలోనూ ఉన్నది. ఆకాశంలోని నక్షత్రాల వర్తుల ద్రవ్యవేగాన్ని గురించి పరిశీలన చెయ్యడంవల్ల మనకు ఒక ముఖ్యమైన సత్యం తెలుస్తుంది: అమిత ఉష్ణోగ్రతగల O, B, A తరగతులకు చెందిన భారీ నక్షత్రాలు హెచ్చు వేగాలతో తిరుగుతున్నాయి; మిగిలిన నక్షత్రాలు నింపాదిగా తిరుగుతున్నాయి. 180 వ పేజీలోని పటంలో ఇది చక్కగా విశదీకరించబడింది. ఈ నక్షత్రాలవర్తుల ద్రవ్యవేగం ఇంత తక్కువగా ఎందుకుండాలి? దీనికి కారణం, వర్తులద్రవ్యవేగంలో హెచ్చు పాలు ఈ నక్షత్రాలచుట్టూ




పటము 30

1. ప్రధానశ్రేణీ నక్షత్రాలు, 2. వర్తులద్రవ్యవేగం.

ప్రధానశ్రేణికి చెందిన నక్షత్రాల వర్తులద్రవ్యవేగం : F దాటినతరువాత నక్షత్రాల వేగం చాలా తక్కువ. వీటి వేగాలు వీటి చుట్టూ తిరిగే గ్రహాలకు సంక్రమించడమే ఇందుకు కారణమనుకోవచ్చు.

తిరిగే గ్రహాల నాశ్రయించడమే నని స్పష్ట మవుతున్నది. ఇదే నిజమైనపక్షంలో, ఈ నక్షత్రాలవెంట ప్రాణులను పోషించగల గ్రహాలున్నాయన్నది స్పష్టం!

కనుక, మనలాటి ప్రాణులు మన నక్షత్రకూటం లోనూ, ఇతర నక్షత్రకూటాలలోనూ గల అనేకకోట్ల సౌర కూటాలలో ఉన్నట్టు మనకు తెలుస్తున్నది. కాని మనకు సమీపంలోఉన్న నక్షత్రాలవెంట ప్రాణులను పోషించగల గ్రహాలకోసం వెతికినట్టయితే అవి కనిపించడం దుర్ఘటంగా

ఉంటున్నది. మనకు సమీపంలో ఉన్న 40 నక్షత్రాలను శ్రద్ధగా అన్వేషిస్తే, టాసెటి (Tau ceti) అనే తిమింగిల రాశిలోని ఒక్క నక్షత్రం వెంట మాత్రమే ఉన్నత ప్రాణులకు ఆధారభూతం కాదగిన గ్రహాలుండవచ్చునని తేలింది. ఈ నక్షత్రం మనకు 10·8 కాంతి సంవత్సరాల దూరంలో ఉన్నది. దీని కాంతి ప్రమాణం 3·6, ఇది మన సూర్యుని లాగే G తరగతికి చెందిన నక్షత్రం.

తెలివిగల ప్రాణులుండే ప్రపంచాలు కోట్లసంఖ్యలో ఉన్నమాట నిజమైతే, ఇంతవరకు మన ప్రపంచానికి ఎవరూ రాకపోవడానికి కేమిటి కారణం ? కనీసం మన కెవరూ సందేశాలెందుకు పంపలేదు ?

మన ప్రపంచాన్ని చేరడం దుర్ఘటమైన కార్యం. ప్రాణులుండే అవకాశంగల సన్నిహిత నక్షత్రం మనకు 10·8 కాంతి సంవత్సరాల దూరాన ఉన్నదని తెలుసుకున్నాం. మన కృత్రిమ ఉపగ్రహాలలాగా గంటకు 18,000 మైళ్ళ వేగంతో ప్రయాణించినప్పటికీ, ఆనక్షత్రాన్ని చేరడానికి అనేకలక్షల ఏళ్ళు పట్టుతుంది. అంతకాలం రాకెట్లు ప్రయాణించడంగాని, ప్రయాణీకులు జీవించడంగాని సాధ్యంకాదు. అవతలి ప్రపంచాలలో నివసిస్తున్న తెలివిగలవాళ్ళు అత్యంత వేగంగల వాహనాలను కనిపెడితే తప్ప వారు మన ప్రపంచానికి రావడం అసంభవం. వారి వాహనాలు కాంతిలాగా

గంటకు 1,86,000 మైళ్ల వేగంతో వచ్చినప్పటికీ ప్రయాణం 10·8 సంవత్సరాలు పడుతుంది. కాని, ఐన్‌స్టయిన్ సాపేక్ష సిద్ధాంతం ప్రకారం ఏవాహనమూ కాంతివేగంతో నడవడం సాధ్యంకాదు.

అక్కడి ప్రాణులు మన ప్రపంచానికి స్వయంగా రాకపోతే మట్టుకు, రేడియోద్వారా సందేశాలు పంప రాదా? రేడియోతరంగాలు కాంతివేగంతో ప్రయాణి స్తాయి గనుక టౌసెటి (Tau ceti) నక్షత్రప్రాంతంనుంచి ప్రసారమయే రేడియోతరంగాలు 11 ఏళ్లలోపుగా భూమిని చేరుకుంటాయి. ఒకవేళ అలాటి ప్రసారాలు ఎన్నో వేల సంవత్సరాలుగా మననుు చేరుతున్నాయేమో! కాని అనేక వేల ఏళ్లక్రితం భూమిపైన ఉండిన జంతువులకు రేడియో తరంగాలేమిటో తెలియవు — అంతదాకా దేనికి? నూరేళ్ల క్రితం మానవులకీ రేడియో తరంగాల విషయం తెలియదు! గడచిన ఇరవై ఏళ్ల కాలంలోనే రేడియో సాంకేతికాభివృద్ధి శీఘ్రంగా సాగింది.

ఆకాశంనుంచి సందేశాలువస్తూంటే వాటిని ఎలా పట్టుకోవాలి, ఎలా అర్థంచేసుకోవాలి? అవి ఏభాషలో, ఏప్రమాణంగల తరంగాలపై ప్రసారమవుతాయి?

నక్షత్రకూటమంతటా హైడ్రోజను వాయువు విస్త రించి ఉన్నది గనుక, హైడ్రోజను ఉత్పత్తిచేసే తరంగాల

నిడివి 21 సెంటీమీటర్లు గనుక, బహుశా అలాటిప్రమాణం గల తరంగాలలో సందేశాలు రావచ్చు. ప్రపంచంలోగాని, ఆకాశంలోగాని ఈతరంగాలకు అవాంతరాలు కలగడం చాలా అరుదు. అందుచేత, వచ్చేసందేశాలను నిరాటంకంగా వినవచ్చు. ఏం సందేశాలు వస్తాయి? తెలివిగల ప్రాణులకు "1, 2, 3..." అని లెక్కించడం తెలుస్తుంది. అందుచేత తొలి సందేశాలు, "పిప్", "పిప్ పిప్", "పిప్ పిప్ పిప్" అని, సంఖ్యలను సూచించేవిగా ఉండవచ్చు. ఈసంఖ్య క్రమంగా అయిదుకుగాని, పదికిగాని పెరగవచ్చు. మనం తిరిగి ఇవే సంకేతాలను ప్రసారంచేసినట్టయితే అటు నుంచి ఏదో ఒక జవాబు వస్తుంది.

అమెరికాలో కొద్ది మంది శాస్త్రవేత్తలు ఆకాశం నుంచి వచ్చే రేడియోతరంగాలను ఎప్పటికప్పుడు విశ్లేషణ చేస్తూ, వాటిలో పదేపదే వినబడే సందేశాలేమైనా ఉన్నాయా అని చూస్తున్నారు. ఈ సమాచారాలన్నీ అనుక్షణమూ ఆటోమాటిక్‌గా టేపులపైన రికార్డవుతూ ఉంటాయి గనుక, వాటిని అప్పుడప్పుడూ పరిశీలిస్తూ ఉంటే చాలు. ఇప్పటివరకూ సందేశంలాటి దేదీ వచ్చినట్టు కనిపించదు. ప్రాచీనకాలంలో ఏవైనా సందేశాలు వచ్చిఉంటే ఆ నాటికి మనం వాటిని గ్రహించేస్థితిలో లేము.

మన మింతదాకా నక్షత్రకూటం చూవస్తూ తీసు

కుని చర్చించాం. మన సౌరకూటంలోనే ఇంకే ప్రాంతంలో లైనా ప్రాణులుండే అవకాశం ఉన్నదా ?

ముందే అనుకున్నట్టుగా, ప్రాణి పోషణకు తగు మాత్రం వెచ్చదనం శుక్రుడూ, భూమీ, చంద్రుడూ, అంగారకుడూ—వీటిపైన ఉన్నది. అయినప్పటికీ భూమిమీద గాక, ఇతరగ్రహాలపై ప్రాణులుండడం సంశయాస్పదం. చంద్రగోళంపై గాలి లేదని శాస్త్రవేత్తలు నిర్ధారణచేశారు. గాలి లేనప్పుడు నీరూ ఉండదు. గాలీ, నీరూ లేనిచోట ప్రాణులూ ఉండవు. చంద్రగోళం అస్తమానమూ మనకేసి ఒకే ''ముఖం'' చూపుతుంది. మనకు కనిపించని చంద్రుడి రెండవ పక్క కూడా మనకు కనిపించేదానిలాగే ఉండి ఉండాలి. కొద్ది సంవత్సరాలలో మానవుడు చంద్రుడివద్దకు వెళ్ళడం నిశ్చయం. అలా వెళ్ళేటట్టయితే అతను తనకు అవసరమైన తిండీ, నీరూ, ప్రాణవాయువూ భూమినుంచి వెంటబెట్టుకు పోవాలి.

శుక్రగ్రహంచుట్టూ ఆవరించి ఉన్న మేఘాలలో కార్బన్ డై ఆక్సయిడ్ జాస్తిగా కనిపిస్తున్నది. అక్కడ ప్రాణవాయువుగాని, నీటి ఆవిరిగాని కనిపించడం లేదు. అయితే ఆ మేఘాల దిగువను, శుక్రగ్రహం ఉపరితలాన ఏమున్నదీ ఎవరికీ తెలియదు. కాని శుక్రుడు భూమికన్న సూర్యుడికి దగ్గరగా ఉన్నందున భూమికన్న అది హెచ్చు వేడి కలిగి ఉండాలి. కనుక, అక్కడ ప్రాణిజాతులు ఉద్భ

ఖించి ఉండిన పక్షంలో, అవి భూమిపైగల వాటి వంటివి అయి ఉండవు. ఉన్నతప్రాణుల పరిణామానికి హెచ్చు ఉష్ణోగ్రత ప్రతిబంధకం కావచ్చు.

అంగారకగ్రహంమీది "కాలవల"ను గురించి ఊహాగానాలు జరిగాయని 74 వ పేజీలో చదివారు. కాలవలున్నాయనీ, వాటిపక్కన అరణ్యాలున్నాయనీ, సేద్యం జరుగుతున్నదనీ, జంతువులున్నాయనీ అన్నారు. మన ప్రపంచంతోబాటు ప్రాణులుగల మరొకప్రపంచం ఏదైనా మన సూర్యకుటుంబంలో ఉంటే అది అంగారకుడే కావాలి. దాని శీతోష్ణస్థితీ, వాతావరణమూ, నీరూ ప్రాణులు జీవించటానికి ఇంచుమించు అనుకూలంగా ఉన్నాయి. దాని వాతావరణంలో ఉన్న ప్రాణవాయువు స్వల్పమన్నమాటనిజమే. అయితే మన ప్రపంచంలోకూడా కొన్ని క్రిములు ప్రాణవాయువుకు మారుగా గంధకాన్ని వినియోగించి ప్రాణపోషణ చేసుకుంటున్నాయి. మన ప్రాణిజాతులకు భిన్నమైన ప్రాణిజాతులు అంగారకగ్రహంపైన జీవిస్తూ ఉండవచ్చు. మరి 20, 30 ఏళ్లకాలంలో మానవుడు చంద్రుణ్ణి దాటి శుక్ర, అంగారక గ్రహాలకు వెళ్లి, తిరిగి రాగలస్థితిలోకి వస్తాడు. ఆ గ్రహాలమీాద అతనికి ఎలాటి వింత అనుభవాలు ఎదురవుతాయోనని ఆలోచించుకుంటేనే శరీరం జలదరిసుంది !

భగవంతుడు సృష్టించిన ఈ అద్భుత విశ్వంలో ఎన్నో వందలకోట్ల నక్షత్రకూటాలు! ఒక్కొక్క నక్షత్రకూటంలోనూ కొన్ని వేలకోట్ల సూర్యులు! అందులో ఎన్నికోట్ల సూర్యులవెంట గ్రహాలూ, వాటిపై తెలివితేటలుగల ప్రాణులూ — జీవిస్తున్నారో! "లోకాలన్నీ భగవంతుడి ఘనతను కీర్తిస్తున్నాయి. ఆయన పనితనానికి ఆకాశమే సాక్షి!" అని ఒక కవి మూడువేల ఏళ్ల క్రితం అన్నాడు. అందులో ఎంత ప్రగాఢ సత్యమున్నదీ ఆధునిక శాస్త్రం రుజువు చేస్తున్నది.